République Tunisienne
Ministère de l'Environnement
et du Développement Durable

UNEP DTU
PARTNERSHIP

Evaluation des Besoins en Technologies pour l'Adaptation et l'Atténuation des GES

Rapport d'analyse des barrières et de détermination du cadre favorable pour le déploiement des technologies d'atténuation des GES dans les secteurs de l'Industrie et du Transport

Version finale

Rafik Missaoui

Novembre 2016

UNEP

gef

enda

Cette publication est un produit du projet "Evaluation des Besoins en Technologies pour l'adaptation et l'atténuation des gaz à effet de serre", financé par le Fonds pour l´Environnement Mondial (Global Environmental Facility, GEF) et mis en œuvre par le Programme des Nations Unies pour l´Environnement (UNEP) en partenariat avec le centre UNEP DTU Partnership (UDP) et en collaboration avec le centre régional ENDA Energie (Environnement et Développement du Tiers Monde - Energie).
Les points de vue et opinions exprimés dans cette publication sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les vues de UNEP DTU Partnership ou ENDA. Nous regrettons toute erreur ou omission que nous pouvons avoir commise de façon involontaire. Cette publication peut être reproduite, en totalité ou en partie, à des fins éducatives ou non lucratives sans autorisation préalable du détenteur de droits d'auteur, à condition que la source soit mentionnée. Cette publication ne peut être vendue ou utilisée pour aucun autre but commercial sans la permission écrite préalable de UNEP DTU Partnership.

Préface

Le présent document correspond au deuxième rapport réalisé dans le cadre du projet EBT en Tunisie sur la composante atténuation. Son objectif principal est de documenter le processus selon lequel a été conduite l'identification des barrières et du cadre favorable pour la mise en œuvre des différentes technologies identifiées lors de la phase I du projet.

Ce processus a été conduit de manière consensuelle avec une forte implication du groupe d'atténuation et du coordinateur national que le consultant tient à remercier vivement pour leur disponibilité et leur apport dans ce travail.

Ce processus s'est basé sur un atelier de restitution et de renforcement des capacités organisé le 29 mars 2016 et des sessions de travail organisées le 19 et le 25 avril 2016 traduisant ainsi l'engagement et la bonne volonté du groupe du travail. La concertation a abouti à l'identification des barrières pour les technologies prioritaires dans le secteur de l'industrie et le secteur du transport ainsi que la détermination d'un cadre favorable pour surmonter ces barrières.

Le rapport comprend deux grands chapitres, l'un dédié au secteur de l'industrie et l'autre au secteur du transport. Chaque chapitre contient :

- Une description de la vision et des objectifs principaux visés pour le transfert et la diffusion des technologies relatives au secteur
- Une analyse des barrières et les mesures favorables de chaque technologie
- Une description des interrelations entre les barrières identifiées
- Une description du cadre favorable pour surmonter les barrières du secteur

ABREVIATIONS ET ACRONYMES

AFR : Carburants et matières premières alternatives (Alternative Fuels and Raw materials)

ANGED : Agence Nationale de Gestion des Déchets

ANME : Agence Nationale pour la Maitrise de l'Energie

ANPE : Agence Nationale de Protection de l'Environnement

ATTT : Agence Technique des Transports Terrestres

CE : Commission Européenne

CEMEP : Comité Européen de Constructeur de Machines Electriques et d'électroniques de Puissance

CETIME : Centre Technique des Industries Mécaniques et Electriques

CITET : Centre International des Technologies de l'Environnement de Tunis

CMS : Combustibles et Matériaux de Substitution

CNCT : Centre National de la Cartographie et de la Télédétection

DT : Dinar Tunisien

EPact : Energy Policy Act

FTE : Fonds de Transition Energétique

GES : Gaz à Effet de Serre

GJ : Giga Joules

HP : Horsepower

IEEE : Institut des ingénieurs électriciens et électroniciens

IPCC: The Intergovernmental Panel on Climate Change

MTeqCO2 : Million de Tonnes équivalent CO2

OTC : Office de la Topographie et du Cadastre

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

RDF : Refuse-Derived Fuel

STEG : Société Tunisienne de l'Electricité et du Gaz

STEP : Station d'épuration

TRI : Taux de Rentabilité Interne

Table des matières

RESUME EXECUTIF 8

1. Secteur de l'industrie 11

1.1. Vision/Objectifs principaux visés pour le transfert et la diffusion des technologies 11

1.2. Analyse des barrières et les mesures favorables du co-processing dans le secteur cimentier 12

1.2.1. Description générale du co-processing 12

1.2.2. Analyse des barrières du co-processing dans le secteur cimentier 14

1.2.2.1. Barrières économiques et financières 16

1.2.2.2. Barrières non financières 20

1.2.3. Mesures identifiées pour le co-processing dans le secteur cimentier 24

1.2.3.1. Mesures économiques et financières 25

1.2.3.2. Mesures non financières 25

1.3. Analyse des barrières et les mesures favorables envisageables des moteurs électriques à haut rendement 28

1.3.1. Description générale des moteurs électriques à haut rendement 28

1.3.2. Analyse des barrières des moteurs électriques à haut rendement 30

1.3.2.1. Barrières économiques et financières 31

1.3.2.2. Barrières non financières 32

1.3.3. Mesures identifiées 32

1.3.3.1. Mesures économiques et financières 33

1.3.3.2. Mesures non financières 34

1.4. Interrelations entre les barrières identifiées 35

1.4.1. Coût d'investissement élevé 36

1.4.2. Manque de ressources financières et d'incitations 36

1.4.3. Cadre réglementaire insuffisant et faible application 36

1.4.4. Le manque de personnel qualifié pour la mise en œuvre de la technologie 36

1.4.5. Manque d'information et de sensibilisation 36

1.5. Cadre favorable pour surmonter les barrières du secteur de l'industrie 36

1.5.1. Allègement des coûts d'investissement 36

1.5.2. Fournir des ressources financières et des incitations 37

1.5.3. Révision du cadre réglementaire 37

1.5.4. Formation d'un personnel qualifié pour la mise en œuvre de la technologie 37

1.5.5. Organisation de campagnes d'information et de sensibilisation 37

2. Secteur du transport 37

2.1. Vision/Objectifs principaux visés pour le transfert et la diffusion des technologies 37

2.2. Analyse des barrières et les mesures favorables de la géolocalisation des véhicules par GPS 38

2.2.1. Description générale de la géolocalisation des véhicules par GPS 38

2.2.2. Analyse des barrières de la géolocalisation des véhicules par GPS 39

2.2.2.1. Barrières économiques et financières 40

2.2.2.2. Barrières non financières 40

2.2.3. Mesures identifiées 41

2.2.3.1. Mesures économiques et financières 41

2.2.3.2. Mesures non financières 41

2.3. Analyse des barrières et les mesures favorables envisageables des voitures hybrides 43

2.3.1. Description générale des voitures hybrides 43

2.3.2. Analyse des barrières des voitures hybrides 44

2.3.2.1. Barrières économiques et financières 45

2.3.2.2. Barrières non financières 47

2.3.3. Mesures identifiées 48

2.3.3.1. Mesures économiques et financières 48

2.3.3.2. Mesures non financières 50

2.4. Interrelations entre les barrières identifiées 50

2.4.1. Faible maitrise technique 50

2.4.2. Faible acceptabilité sociale 51

2.5. Cadre favorable pour surmonter les barrières du secteur du transport 51

Références 52

ANNEXES 53

ANNEXE I : Arbres à problèmes et mesures 53

ANNEXE I-1 : Arbres à problèmes et mesures du co-processing 54

ANNEXE I-2 : Arbres à problèmes et mesures des moteurs électriques à haut rendement 55

ANNEXE I-3 : Arbres à problèmes et mesures de la géolocalisation par GPS 56

ANNEXE I-4 : Arbres à problèmes et mesures des véhicules hybrides électriques 57

ANNEXE II : parties prenantes 58

ANNEXE III : Groupe de travail atténuation 59

Liste des Figures

Figure 1: Schéma explicatif de la réduction des émissions de GES grâce au co-processing 14

Figure 2 : TRI en fonction du prix de baril de pétrole et du prix du combustible alternatif utilisé dans la cimenterie 18

Figure 3 : Comparaison des valeurs limites des rendements IE1, IE2 et IE3 pour les moteurs électriques 4 pôles, 50 Hz 29

Figure 4 : Pourcentages des gains énergétiques obtenus en remplaçant des moteurs standards par des moteurs à haut rendement pour les moteurs électriques 4 pôles, 50 Hz 30

Figure 5 : Comparaison des coûts sur la durée de vie d'un véhicule classique et hybride 47

Figure 6 : Variation du temps de retour pour la Toyota Yaris selon le cycle, en considérant une réduction de 8% du prix d'achat 49

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Principales barrières et mesures identifiées pour le co-processing 9

Tableau 2 : Principales barrières et mesures identifiées pour les moteurs électriques à hauts rendements 9

Tableau 3 : Principales barrières et mesures identifiées pour la géolocalisation par GPS 10

Tableau 4 : Principales barrières et mesures identifiées pour les véhicules hybrides électriques 10

Tableau 5 : Déchets utilisés dans le co-processing 13

Tableau 6 :Lliste des barrières relative au co-processing dans le secteur cimentier 15

Tableau 7 : Paramètres des combustibles conventionnels et alternatifs utilisés 19

Tableau 8 : Coûts de mise en place de décharges contrôlées et de centres de traitement des déchets 22

Tableau 9 : Valeurs limites des polluants de l'air provenant des unités de Co-incinération suivant la règlementation tunisienne (décret n° 2519 du 28 septembre 2010) et la directive européenne (2000/76/CE du 4 Décembre 2000) 23

Tableau 10 : Classement des rendements des moteurs électriques 29

Tableau 11 : Liste des barrières relative aux moteurs électriques à haut rendement 30

Tableau 12 : Prix des moteurs à haut rendement (2012) 31

Tableau 13 : Prix et temps de retour sur investissement pour les moteurs à haut rendement avec et sans subvention 33

Tableau 14 : Liste des barrières relative à la géolocalisation des véhicules par GPS 39

Tableau 15 : Comparaison de la consommation et des émissions entre la Yaris hybride et la Haris non hybride 43

Tableau 16 : Liste des barrières identifiées relative aux véhicules hybrides électriques 44

Tableau 17 : Comparaison du prix, de la consommation et des émissions entre une voiture Yaris hybride et une voiture Yaris à Essence 46

RESUME EXECUTIF

Le Rapport de la phase II de l'évaluation des besoins technologiques pour l'atténuation au changement climatique pour la Tunisie a été réalisé conformément aux directives de l'UNEP et UNEP DTU Partnership et du processus TNA retenu pour les pays de la phase II.

Les secteurs prioritaires identifiés pour l'atténuation sont l'industrie et le transport. Après avoir identifié les technologies prioritaires pour chaque secteur, la prochaine étape du processus TNA consiste à la définition de tous les obstacles qui sont susceptibles d'avoir un impact sur le transfert et la diffusion des technologies ainsi retenues et identifiées suite à la première phase du projet. L'identification des obstacles et des mesures permettant de surmonter ces obstacles a été basée sur la consultation des parties prenantes, l'examen des documents connexes et les contributions des experts.

Une analyse des barrières relatives à chaque technologie a été effectuée par les membres du groupe de travail d'atténuation et s'est basée sur la méthode de l'arbre à problèmes. Cette méthode consiste à l'analyse des relations causales et des problèmes fondamentaux liés au transfert de la technologie. Les participants ont organisé les problèmes dans la hiérarchie des causes et des effets ayant comme problème central de départ, un problème générique pour le transfert de la technologie.

Secteur de l'industrie

Les technologies prioritaires du secteur sont :

- ✓ Le co-processing dans l'industrie du ciment
- ✓ Les moteurs électriques à hauts rendements

Les principales barrières et mesures identifiées pour le co-processing dans l'industrie du ciment sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1 : Principales barrières et mesures identifiées pour le co-processing

ordre	barrière	mesure
1	Textes juridiques contraignants	Révision des textes juridiques régissant la qualité d'air (réajuster les normes d'émissions) et la gestion des déchets (autorisation de l'incinération des déchets dangereux)
2	Défaillances dans l'organisation du secteur de gestion des déchets	Mise en place d'un cadre institutionnel adéquat et définition claire des responsabilités et du rôle de chaque institution
3	coût d'investissement élevé	Incitations financières : subventions, allègement des taxes…
4	Insuffisances par rapport à la qualité et la disponibilité des déchets	Choix des déchets ayant les meilleures propriétés (faible humidité, fort pouvoir calorifique…) et qui sont disponibles d'une manière continue
5	Insuffisance des installations et centres de prétraitement des déchets	Mise en place d'installations et de centres de prétraitement des déchets
6	Faibles connaissances et compétences techniques	Formations, ateliers… Projets de démonstration
7	Non acceptabilité sociale	Campagnes de sensibilisation et d'information

Les principales barrières et mesures identifiées pour les moteurs électriques à hauts rendements sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : Principales barrières et mesures identifiées pour les moteurs électriques à hauts rendements

ordre	barrière	mesure
1	Cadre réglementaire et juridique insuffisant	Mise en place d'un cadre réglementaire et juridique adéquat (normes régulant l'utilisation des moteurs à haut rendement)
2	Coût d'investissement plus élevé que les moteurs standard	Incitations financières : subventions, exonération des droits de douane
3	Manque de compétences et d'outils dans l'implémentation, le Service Après-Vente et la maintenance	− Formations, apprentissage des expériences internationales − Assurer la disponibilité des pièces de rechange
4	Manque de sensibilité par rapport à l'aspect énergie et environnement	Campagnes de sensibilisation
5	Manque d'information des responsables	Campagnes d'information, ateliers

Secteur du transport

Les technologies prioritaires du secteur sont :

- ✓ La géolocalisation par GPS
- ✓ Les véhicules hybrides électriques

Les principales barrières et mesures identifiées pour la géolocalisation par GPS sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3 : Principales barrières et mesures identifiées pour la géolocalisation par GPS

ordre	barrière	mesure
1	Faible acceptabilité sociale	Faire des échanges d'expérience nationale et internationale, mettre en place des systèmes de partage des résultats et des help desk
2	Inefficacité de l'actualisation du système d'informations spatiales	– Renforcer la coordination entre les parties prenantes – Fournir les moyens humains et matériels nécessaires à la généralisation de la numérisation – Fournir les moyens matériels essentiels pour généraliser la couverture GPRS
3	Manque de compétences	– Vulgarisation de la technologie – Organisation de sessions de formation

Les principales barrières et mesures identifiées pour les véhicules hybrides électriques sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4 : Principales barrières et mesures identifiées pour les véhicules hybrides électriques

ordre	barrière	mesure
1	Absence d'un cadre règlementaire : pas d'homologation	Mise en place d'un cadre réglementaire et l'homologation des véhicules hybrides
2	Faible rentabilité	Incitations financières : exonération des droits de douane
3	Faible maitrise technique	Organisation de sessions de formation
4	Absence d'initiatives de la part des concessionnaires	Lancement d'un marché pour les entreprises publiques (voitures de fonction hybrides)
5	Connaissance limitée de la technologie	Promotion de la technologie et mise en place des projets de démonstration

1. Secteur de l'industrie

1.1. Vision/Objectifs principaux visés pour le transfert et la diffusion des technologies

Le secteur de l'industrie représente une partie considérable des émissions de GES de la Tunisie. Les émissions de ce secteur sont imputables aux procédés industriels et à l'utilisation de l'énergie. Pour atténuer ces émissions, deux technologies ont été choisies lors de la première phase du projet par priorisation parmi plusieurs autres technologies, et ceci en se basant sur différents critères.

La première technologie choisie, soit le co-processing, s'intéresse à un sous-secteur de l'industrie, à savoir le secteur du ciment. D'après une étude[1] lancée l'ANME, appuyée par le ministère de l'environnement allemand, ce sous-secteur est le plus grand émetteur de GES dans le secteur de l'industrie avec 6,419 MTeqCO2 en 2012, réparties entre émissions dues aux procédés (56%) et émissions dues à la consommation d'énergie (44%). Dans cette étude, quatre types de mesures d'atténuation de GES ont été proposées à savoir : l'efficacité énergétique, les énergies renouvelables, le changement de la composition du ciment et le co-processing. Selon cette étude, le co-processing, qui consiste à l'utilisation des déchets comme énergie de combustion dans les fours à ciment, en remplacement des combustibles fossiles, permettra de réduire les émissions dues à la consommation d'énergie. Il permettra de réduire les émissions d'environ 2,6 MteqCO2 sur la période 2014-2020.

Le co-processing est une technologie presque inexistante en Tunisie à part quelques initiatives minuscules. Par contre, cette technologie sollicite de plus en plus l'intérêt de l'état et des différentes parties prenantes du secteur et fait partie des actions principales proposées par la NAMA Ciment.

L'objectif principal du développement du co-processing dans l'industrie du ciment est d'introduire et diffuser cette technologie dans le secteur cimentier Tunisien en commençant par un projet pilote dans l'une des cimenteries pour ensuite généraliser sur toutes les cimenteries. Cette technologie permettra de :

- ✓ Atténuer les émissions de GES dues à l'industrie du ciment
- ✓ Réduire la dépendance aux combustibles conventionnels (pet coke, fioul…)
- ✓ Faire face au problème d'approvisionnement en pet coke
- ✓ Résoudre en partie le problème de gestion de déchets

La deuxième technologie choisie, soit les moteurs électriques à hauts rendements, touche tout le secteur de l'industrie puisque toute usine utilisant des moteurs électriques peut utiliser ce type de moteurs.

Comme pour le co-processing, les moteurs électriques à hauts rendements sont peu répandus en Tunisie vu leur coût élevé par rapport aux moteurs classiques et vu que la plupart des usines sont anciennes et ne renouvellent leur matériel qu'au besoin.

L'objectif principal du choix des moteurs à hauts rendements est d'appuyer les efforts de l'état en matière d'atténuation des émissions de GES. En effet, l'état encourage les investissements matériels et immatériels dans l'efficacité énergétique en accordant des subventions aux industriels. D'autant plus que l'utilisation des moteurs à haut rendement fait partie du plan d'action pour la maitrise de l'énergie sur la période 2015-2020.

Les principaux objectifs de la promotion des moteurs à hauts rendements sont :

- ✓ L'utilisation des moteurs à hauts rendements dans les nouvelles usines
- ✓ La rénovation des anciennes usines en remplaçant les anciens moteurs à faibles rendements par des moteurs à hauts rendements

1.2. Analyse des barrières et les mesures favorables du co-processing dans le secteur cimentier

1.2.1. Description générale du co-processing

Le co-processing se réfère à l'utilisation des déchets comme matière première, ou comme source d'énergie, pour remplacer les ressources minérales naturelles (Recyclage des matériaux) ou les combustibles fossiles comme le charbon, le pétrole et le gaz (récupération d'énergie) dans les procédés industriels tels que la production de ciment, de chaux, d'acier ou du verre, dans les centrales électriques et dans tout autre procédé de combustion.

Il s'agit d'un bien d'équipement puisqu'il est utilisé pour produire d'autres biens, il concerne un nombre limité de consommateurs et nécessite un investissement relativement important.

Les déchets utilisés pour le co-processing sont appelés carburants et matières premières alternatives (AFR). Le tableau ci-dessous montre certains exemples de déchets utilisés soit comme matière première soit comme carburant.

Tableau 5 : Déchets utilisés dans le co-processing

Déchets utilisés comme matière première	Déchets utilisés comme carburant
• Résidus d'hydroxyde d'aluminium • Catalyseurs • Sables de fonderie • Acier • Sources alternatives de gypse • Cendres volatiles	• Pneus usagés, Caoutchouc • Solvants et Huiles usagées • Résidus de peinture/encre • Bois, Papier, Carton • Textiles • Plastique • Déchets ménagers • Boues d'épuration, boues industrielles • Farine, graisse animale • Déchets agricoles

(source : Directives sur le Co-Processing des Déchets dans la Production de Ciment[2] et Co-processing waste in the cement industry: A solution to natural resource preservation and total emission reduction[3])

Après la collecte des déchets et leur transport vers les centres de prétraitement pour tri, broyage, déchiquetage..., ceux-ci sont enfin transportés vers l'usine où ils seront utilisés comme matière première ou comme carburant.

Dans notre étude, on s'intéressera au co-processing dans le domaine de fabrication du ciment et plus particulièrement sous forme de carburant. Dans ce cas, après leur traitement, les déchets seront transportés vers la cimenterie où ils seront utilisés comme carburant au niveau du four à clinker.

Cette méthode de valorisation de déchets permet d'utiliser des installations existantes, sans devoir investir dans un incinérateur neuf dédié. En effet, les fours à ciment qui fonctionnent à haute température (> 1450 °C) peuvent détruire de nombreuses molécules organiques. Ces fours pourraient être utilisés pour incinérer des résidus industriels, des déchets ménagers ainsi que des pneus et des farines animales.

Le co-processing permet de réduire les émissions de GES puisqu'en substituant une partie des combustibles par les déchets, on réduit la consommation de combustibles et par conséquent les émissions de GES comme le montre le schéma suivant.

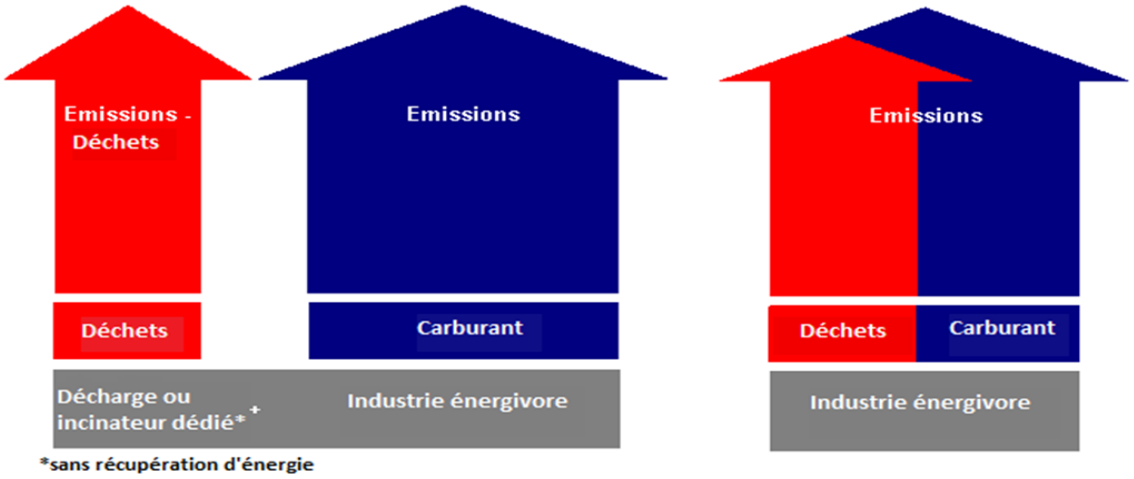


Figure 1: Schéma explicatif de la réduction des émissions de GES grâce au co-processing

(Source : Wikipédia)

En Tunisie, l'incinération des déchets dans les fours de cimenteries n'est pas formellement d'usage, sachant que la réglementation locale n'a pas encore pris de «position» officielle à ce sujet d'autant plus que la réglementation actuelle est contraignante. Toutefois, des intentions aussi bien de l'Etat tunisien que des cimentiers eux-mêmes, vont vers le développement de l'usage de ces combustibles de substitution dans les fours de cimenteries vu l'augmentation continue du prix des combustibles conventionnels notamment le gaz naturel et les problèmes d'approvisionnement en coke de pétrole. Dans ce contexte, le Ministère de l'Industrie ainsi que le Ministère de l'Environnement ont organisé plusieurs débats avec les cimentiers et les parties concernées pour étudier la possibilité d'utilisation de pneus déchiquetés et d'autres déchets solides dans l'industrie cimentière. Notons par ailleurs que la plupart des cimenteries tunisiennes ont effectué des opérations d'incinération de déchets, de grignons d'olives et de boues de stations d'épuration (STEP).

Néanmoins, ces expériences ne se sont pas développées à cause de l´existence de nombreuses barrières qui seront détaillées dans la suite de ce rapport.

1.2.2. Analyse des barrières du co-processing dans le secteur cimentier

Une analyse des barrières relatives au co-processing dans l'industrie du ciment a été effectuée par les membres du groupe de travail d'atténuation et s'est basée sur la méthode de l'arbre à problèmes. Cette méthode consiste en l'analyse des relations causales et des problèmes fondamentaux liés au transfert de la technologie. Les participants ont organisé les problèmes dans la hiérarchie des causes et des effets ayant comme problème central de départ, un problème générique pour le transfert de la technologie. Sur le diagramme de l'arbre à problèmes les causes sont présentées en dessous du problème central et les effets au-dessus. Après l'analyse des différentes barrières, une priorisation des

barrières a été effectuée d'une manière consensuelle entre les différents membres du groupe de travail. L'arbre à problèmes relatif à la barrière la plus importants pour cette technologie est inclus dans l'annexe I.

Les différentes barrières identifiées pour la technologie du co-processing dans le secteur cimentier sont classées dans le tableau ci-après. Les chiffres 1 à 8 représentent l'ordre d'importance des barrières de la plus importante (1) à la moins importante (8).

Tableau 6 :Lliste des barrières relative au co-processing dans le secteur cimentier

Catégorie	Problème central et ordre d'importance	Causes niveau 1	Causes niveau 2
Barrières économiques et financières	Coût élevé **(3)**	Coût d'investissement élevé	Nécessité de mettre en place certains équipements et installations additionnels
			Absence d'infrastructures de collecte et de prétraitement des déchets appropriées au co-processing
		Coût d'approvisionnement en combustibles alternatifs pas encourageant	Faible coût du coke de pétrole
			Coût élevé de traitement de certains déchets notamment les déchets ménagers
		Pertes dues aux risques de discontinuité de la production	Arrêts dus à l'installation d'un nouveau système d'alimentation
			Arrêts dus aux tests du bon fonctionnement du four
			Arrêts dus à la disponibilité variable de certains combustibles alternatifs
Barrières technologiques, techniques et opérationnelles	Insuffisances par rapport à la qualité et la disponibilité des déchets **(4)**	Faible qualité des déchets	Faible pouvoir calorifique de certains déchets
			Humidité élevée de certains déchets
			Méconnaissance de la composition de certains déchets
		Disponibilité variable des déchets	
	Faibles connaissances et compétences techniques **(6)**	Expérience pratiquement inexistante dans le pays	

	Insuffisance des installations et centres de préparation/prétraitement, de stockage et de transfert des déchets **(5)**		
Barrières réglementaires et institutionnelles	Textes juridiques contraignants **(1)**	Textes juridiques régissant la qualité d'air contraignants	Normes de NOx et de poussière contraignantes
		Textes juridiques régissant la gestion des déchets contraignants	Interdiction de l'incinération des déchets dangereux
			Interdiction de l'incinération des déchets en plein air et leur utilisation comme combustible, à l'exception des déchets de végétaux et limitation de la réalisation de ces opérations aux établissements autorisés
			Interdiction de mélanger différents types de déchets dangereux et de mélanger des déchets non dangereux
	Défaillances dans l'organisation du secteur de gestion des déchets **(2)**	Dysfonctionnement institutionnel	Manque de définition claire des responsabilités et du rôle de chaque institution
		Manque de concertation et de communication entre les acteurs	
	Manque de visibilité sur la politique de l'Etat **(7)**	Le co-processing ne figure pas parmi les choix stratégiques de la Tunisie en matière de gestion des déchets	
Barrières sociales	Non acceptabilité sociale **(8)**	Peur des odeurs et des émissions	
		Peur des risques liés à l'incinération de certains types de déchets (déchets dangereux)	

1.2.2.1. Barrières économiques et financières

Le co-processing est une technologie presque inexistante en Tunisie vu son coût élevé. Ce coût élevé est dû à trois causes principales :

- ✓ Le coût d'investissement élevé
- ✓ Le coût d'approvisionnement en combustibles alternatifs pas encourageant
- ✓ Les pertes dues aux risques de discontinuité de la production

Bien que la technologie du co-processing ne nécessite pas l'installation d'un nouvel incinérateur, elle nécessite certaines préparations et la mise en place de certains équipements et installations additionnels, ce qui rend le coût d'investissement élevé. Citons par exemple :

- La préparation du site, y compris l'enlèvement des installations obsolètes
- L'installation d'un doseur
- L'installation d'un système d'alimentation
- L'installation d'un système de transport vers le four
- La construction d'une installation de stockage des déchets

En effet, une étude[4] réalisée dans le cadre du mécanisme de développement propre traitant la substitution partielle des combustibles fossiles par la biomasse dans la cimenterie « Les Ciments Artificiels Tunisiens » a montré que ce projet nécessite un investissement de 4,7 Million de dollars réparties entre coûts de construction (4,44 Million de dollars), coûts de machines et équipements (0,09 Million de dollars) et coûts préopératoires (0,18 Million de dollars).

En plus des installations requises dans la cimenterie, des infrastructures de collecte et de prétraitement de déchets appropriées au co-processing sont nécessaires et doivent être mises en place pour permettre l'exploitation des déchets. Parmi ces installations on cite les centres de tri des déchets ménagers.

D'autre part, un problème de coût d'approvisionnement s'impose. En effet, la majorité des cimenteries tunisiennes utilisent actuellement le coke de pétrole qui est moins coûteux que les autres combustibles fossiles. Bien que le coût d'approvisionnement en combustibles alternatifs soit inférieur à celui du coke de pétrole, cette différence de prix diffère d'un combustible alternatif à un autre et, dans certains cas, ne couvre pas rapidement les investissements initiaux dédiés à l'installation du co-processing. De plus, certains déchets, comme les déchets ménagers par exemple, nécessitent des opérations de tri et de traitement avant leur utilisation comme combustible alternatif, ce qui affectera leur prix d'achat.

Pour avoir une idée sur la rentabilité de l'utilisation des combustibles alternatifs, on a calculé le Taux de Rentabilité Interne TRI relatif à la substitution du coke de pétrole par un combustible alternatif.

Dans les calculs on a utilisé les prix du Baril de pétrole étant donné que le prix du coke de pétrole lui est proportionnel.

On a obtenu alors le graphique ci-dessous :

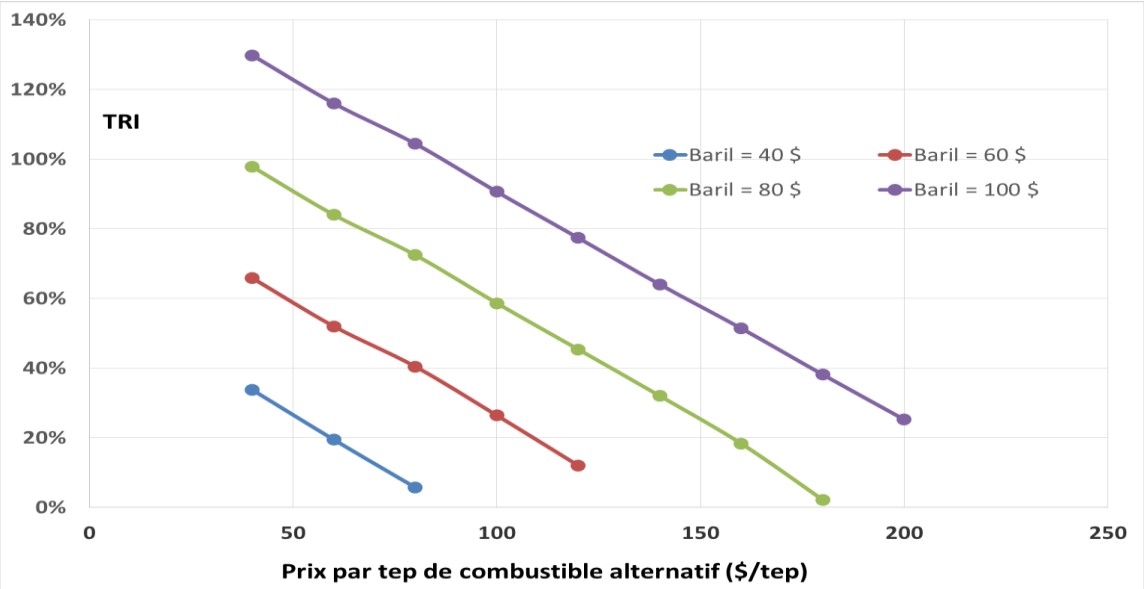


Figure 2 : TRI en fonction du prix de baril de pétrole et du prix du combustible alternatif utilisé dans la cimenterie

On remarque que le TRI est plus grand lorsque le prix du baril augmente ce qui signifie une meilleure rentabilité. Notons aussi que la plupart des TRI est supérieure à 15% ce qui signifie que mis à part les investissements initiaux élevés, les combustibles alternatifs sont plus compétitifs point de vue de coût d´approvisionnement.

Une étude économique détaillée prenant en compte, à la fois, les investissements et les coûts d'approvisionnement devrait être réalisée pour avoir une idée sur le temps de retour sur investissement et les gains financiers escomptés.

Le tableau ci-après donne une idée sur les prix des combustibles conventionnels et alternatifs en Tunisie.

Tableau 7 : Paramètres des combustibles conventionnels et alternatifs utilisés

(Source : Développement d'un concept de mécanisme d'atténuation dans le secteur cimentier en Tunisie, 2013[5])

Combustible	Facteur d'émission	Unité	Source	Contenu énergétique	Unité	Prix (DT/GJ)	Prix (EUR/GJ)
Coke de pétrole	97,5	Kg/GJ	IPCC 2006	33,62[1]	GJ/T	5,61[5]	2,73
Gaz naturel	57,9	Kg/GJ	Moyenne 2008-2010 de l'inventaire GES	37,40[2]	MJ/Nm^3	7,75	3,78
Fuel	77,4	Kg/GJ	IPCC 2006	41,00[3]	GJ/T	9,68	4,72
CMS (RDF, co-processing)	27,2	Kg/GJ	CITET 2013	16,00[6]	GJ/T	4,49	2,19
Biomasse (grignons)	0,0[4]	Kg/GJ	Inventaire GES Tunisie= 124,1	16,22	GJ/T	4,81	2,35
Boues STEP	0[4]	Kg/GJ	IPCC 2006 biomasse solide facteur d'émission = 100,1[4]	8,37	GJ/T	4,81	2,35
Huiles usagées	0[4]	Kg/GJ	Supposition			4,81	2,35
Pneus usagés	0[4]	Kg/GJ	Supposition	29,3[7]	GJ/T	4,81	2,35
Charbon	94,6	Kg/GJ	Données de l'usine qui consomme ce combustible	28,89	GJ/T	4,15	2,02
Diesel	74,1	Kg/GJ	IPCC 2006	36,31	MJ/l	24,46	11,92

1- Coke de pétrole : moyenne 2009-2012 de trois cimentiers

2- Gaz naturel : moyenne nationale (Inventaire GES 2008-2009-2010)

3- Valeur officielle de l'inventaire national

4- Nous supposons que l'utilisation de biomasse et déchets n'entraine pas d'émissions supplémentaires à la situation de référence, où ces produits sont abandonnés, et se décomposent avec les mêmes émissions

5- Moyenne des valeurs rapportées par deux cimentiers

6- Moyenne des valeurs rapportées par Lawrence Berkeley National Laboratory. Cette valeur varie entre 13.2 et 18.8 GJ/t

7- ANGED

A tout cela s'ajoutent les risques de discontinuité de la production qui, en raison de la concurrence sur le marché, constitue un obstacle majeur à la mise en œuvre de la technologie du co-processing. Cette discontinuité de production peut survenir dans les trois phases suivantes :

- Phase préparation de l'installation : au cours de laquelle, des modifications sont requises au niveau du système d'alimentation en carburant comme la construction d'une nouvelle unité d'alimentation, dosage, transport et injection de ce nouveau combustible
- Phase de test de l'installation : au cours de laquelle des essais sont effectués pour tester le bon fonctionnement du four et remédier aux éventuels disfonctionnements
- Phase de l'utilisation : au cours de laquelle le combustible alternatif utilisé peut être présent en quantité insuffisantes.

1.2.2.2. Barrières non financières

Barrières technologiques, techniques et opérationnelles : L'utilisation des combustibles alternatifs dans les cimenteries rencontre plusieurs barrières technologiques, techniques et opérationnelles à savoir :

- ✓ Les insuffisances par rapport à la qualité et la disponibilité des déchets
- ✓ Les faibles connaissances et compétences techniques relatives à cette technologie
- ✓ L'insuffisance des installations et des centres de préparation/prétraitement, de stockage et de transfert des déchets

Commençons par les insuffisances relatives à la qualité et la disponibilité des déchets. Certains déchets se caractérisent par leur faible qualité qui s'explique par le fait que certains d'entre eux possèdent un faible pouvoir calorifique ou présentent une humidité élevée rendant leur contenu énergétique faible. D'autres déchets, comme les déchets ménagers, ont l'inconvénient d'avoir une composition variable ce qui rend leur contenu énergétique difficile à déterminer. D'autres déchets ont l'inconvénient de ne pas être disponibles d'une manière continue.

Ces déficiences ont un impact négatif sur la température du four et la qualité du clinker. En effet, l'utilisation des combustibles alternatifs dans le précalcinateur influence son profil de température et celle du four ce qui mène à une instabilité du procédé de fabrication du clinker. A cause de cette température instable, le taux d'alimentation en matière première doit être réajusté pour stabiliser le procédé de fabrication du clinker à un état d'équilibre. Le temps passé à stabiliser le processus va donc réduire la capacité de production du clinker. En raison de l'instabilité de température prévue provoquée par les combustibles alternatifs, les vibrations induites par le ventilateur pourraient dépasser la limite de sécurité et provoquer ainsi l'arrêt du système. La variation constante du profil de

température et de vibration peut endommager la couche réfractaire qui peut mener à l'arrêt de la production du ciment pour quelques jours, le temps pour que la couche réfractaire soit réparée.

Ensuite, la Tunisie n'ayant pratiquement pas d'expérience dans le domaine du co-processing, les connaissances et compétences techniques pour cette technologie se voient faibles. L'utilisation de cette technologie nécessitera des formations et des procédures d'opération spéciales qui prendront assez de temps et d'efforts.

Passons enfin à l'insuffisance des installations et des centres de prétraitement des déchets. Selon une étude du CITET[6] , il y a un potentiel significatif de déchets en Tunisie qui pourrait être valorisé dans les cimenteries (p. ex. déchets ménagers et assimilés : 0,36 à 1,1 Million de Tonnes par an) mais les infrastructures de collecte et de prétraitement ne sont pas en place et nécessitent des investissements significatifs. Selon cette même étude et sur la base des expériences des groupes cimentiers en matière de valorisation des déchets ménagers en Europe et des études réalisées au Maroc, le coût de production d'un combustible à base des déchets ménagers (pour une plateforme de traitement de 100 000 tonnes par an) est de l'ordre de 35 à 40 euros la tonne (hors foncier et investissement dans les équipements dans l'usine cimentière).

Le coût d'investissement est de l'ordre de 4 millions € pour une plateforme de traitement mécanique des déchets ménagers et 14 millions € pour le traitement biologique et mécanique.

Pour les déchets dangereux, leur coût de traitement dans quelques pays en Europe varie comme suit :

- Coût de traitement des déchets chlorés : 900 à 1100 € par tonne,
- Coût de traitement de déchets liquides et pâteux dangereux : 100 à 300 € par tonne,
- Coût de prétraitement (payé à la plateforme) : de 150 à 500 € (solvants, déchets de peinture, etc.)

Le tableau suivant donne une idée sur les coûts de mise en place de décharges contrôlées et de centres de traitement des déchets :

Tableau 8 : Coûts de mise en place de décharges contrôlées et de centres de traitement des déchets

Programme de gestion des déchets ménagers et assimilés		
1	**Date**	Durant le 9ème Plan (1997-2001)
	Projet	5 décharges contrôlées dans le Grand Tunis et les villes de la vallée de Medjerda (Béja, Jendouba, Siliana et Medjez El Bab)
	Quantité des déchets	750 milles tonnes par an
	Coût total	15 millions de dinars
2	**Date**	Durant le 10ème Plan (2002-2006)
	Projet	9 décharges contrôlées et 45 centres de transfert dans les gouvernorats de Bizerte, Nabeul, Sousse, Monastir, Kairouan, Sfax, Gabes, Médenine et l'île de Djerba
	Quantité des déchets	800 milles tonnes par an
	Coût total	70 millions de dinars
3	**Date**	Durant le 11ème Plan (2007-2011)
	Projet	10 décharges contrôlées et les centres de transfert y afférents dans Le Grand Tunis et les gouvernorats de Zaghouan, Mahdia, Tozeur, Sidi Bouzid, Gafsa, Kasserine, Béja, Jendouba, Le Kef, Siliana et les îles de Kerkennah
	Quantité des déchets	500 milles tonnes par an
	Coût total	72 millions de dinars
Programme de gestion des déchets industriels et spéciaux		
4	**Date**	5 juin 2009
	Projet	La réalisation du centre de traitement des déchets industriels et spéciaux à Jradou (gouvernorat de Zaghouan)
	Quantité des déchets	-
	Coût total	32 millions de dinars

(Source : ANGED[7])

Barrières règlementaires et institutionnelles : Le cadre réglementaire et institutionnel relatif au co-processing et à l'incinération des déchets en Tunisie est relativement sévère et contraignant :

- D'une part, les textes juridiques régissant la qualité d'air et la gestion des déchets sont contraignants.

  Concernant le volet qualité d'air, les normes d'émissions sont acculant. En effet, les valeurs limites d'émissions de polluantes fixées par le décret n°2010-2519 du 28 Septembre 2010 pour la Co-incinération sont en partie plus sévères que celles mentionnées dans la directive européenne 2000/76/CE du 4 Décembre 2000, plus particulièrement, au niveau de la poussière et des émissions de NOx (Monoxyde d'azote et dioxyde d'azote). L'application de telles valeurs-limites par les cimentiers requerrait des investissements importants, rendant l'alternative de Co-incinération peu

rentable pour les cimentiers. Le Tableau ci-après, présente une comparaison entre les valeurs-limites des polluants de l'air pour les unités de Co-incinération exigées par la règlementation tunisienne et par la Directive européenne.

Tableau 9 : Valeurs limites des polluants de l'air provenant des unités de Co-incinération suivant la règlementation tunisienne (décret n° 2519 du 28 septembre 2010) et la directive européenne (2000/76/CE du 4 Décembre 2000)

Substance polluante en mg/Nm3	Décret n°2519	Directive Européenne
Poussières totales	**10**	**30**
Substances organiques à l'état de gaz ou de vapeur, exprimées en carbone organique total (COT)	10	10
Chlorure d'hydrogène (HCl)	10	10
Monoxyde de Carbone (CO)	150	Peut être fixé par l'autorité compétente
Fluorure d'hydrogène (HF)	1	1
Dioxyde de soufre (SO2)	50	50
NOx pour les installations existantes	**200**	**800**
NOx pour les installations nouvelles		**500**
Dioxines et furannes (ng/Nm3)	0,1	0,1
Cadmium et ses composés, exprimés en cadmium (cd) + Thallium et ses composés, exprimés en Thallium (TI)	0,05	0,05
Mercure et ses composés, exprimés en mercure (Hg)	0,05	0,05
Arsenic et ses composés, exprimés en arsenic (As)	Total 0,5	Total 0,5
Plomb et ses composés, exprimés en plomb (Pb)		
Chrome et ses composés, exprimés en chrome (Cr)		
Cuivre et ses composés, exprimés en cuivre (Cu)		
Manganèse et ses composés, exprimés en manganèse (Mn)		
Nickel et ses composés, exprimés en nickel (Ni)		
Vanadium et ses composés exprimés en vanadium (Vd)		
Cobalt et ses composés, exprimés en cobalt (Co)		

Pour le volet gestion des déchets, les textes juridiques correspondants sont eux aussi contraignants vu que :

- Le décret n°2010-2519 du 28 Septembre 2010 ferme la porte à l'utilisation des déchets dangereux comme combustibles notamment les huiles usagées, les chiffons et les emballages souillés considérés comme déchets dangereux.
- La Loi n° 96-41 du 10 juin 1996, interdit l'incinération des déchets en plein air et leur utilisation comme combustible, à l'exception des déchets de végétaux. Elle stipule aussi que les opérations d'élimination de déchets par incinération ne peuvent avoir lieu qu'en site fermé et dans des établissements et conditions dument approuvés par les autorités, conformément aux dispositions de la loi, ce qui constitue un frein à la co-incinération.
- La loi n° 96-41 du 10 juin 1996 interdit de mélanger différents types de déchets dangereux et de mélanger des déchets non dangereux, sauf après avis et autorisation des autorités et après satisfaction des conditions indiquées dans l'article 24 de cette loi.

- D'autre part, Il y a des défaillances dans l'organisation du secteur de gestion des déchets à savoir :
  - Le disfonctionnement institutionnel qui consiste à la non détermination claire des responsabilités et du rôle de chaque institution ce qui crée des conflits lors de la mise en place des projets en relation avec les déchets,
  - Le manque de concertation et de communication entre les acteurs (municipalités, Agence Nationale de Gestion des Déchets « ANGED », ministère de l'environnement…) ce qui bloque le transfert de l'information et la résolution rapide des problèmes. Enfin, il y a un manque de visibilité sur la politique de l'état qui n'accorde pas beaucoup d'intérêt au co-processing et ne le cite pas parmi ses choix stratégiques en matière de gestion des déchets.

Barrières sociales : Il s'agit du non acceptabilité sociale de cette technologie par peur des émissions et des mauvaises odeurs pouvant résulter de ce type d'installations vu que certaines cimenteries sont proches des agglomérations. De plus, les ouvriers des cimenteries pourraient contester par peur des risques de sécurité et des problèmes de santé qui pourraient survenir à cause de l'incinération de certains types de déchets comme les déchets dangereux.

1.2.3. Mesures identifiées pour le co-processing dans le secteur cimentier

Comme pour les barrières, les membres du groupe de travail ont adopté la méthode de l'arbre à solutions pour analyser les solutions relatives aux différentes barrières. L'arbre à solutions présente une solution au problème central qui en découle des solutions aux problèmes secondaires emmenant à ce problème central. Il présente également les effets de ces solutions sur le déploiement de cette technologie.

L'arbre à solutions relatif au problème le plus important est inclus dans l'annexe I.

1.2.3.1. Mesures économiques et financières

La rentabilité est un critère primordial sur lequel se base chaque investisseur, et précisément les cimentiers dans notre cas, pour décider s'il lui sera bénéfique d'investir dans une technologie ou pas.

La mise en place d'un mécanisme financier incitatif pourrait rendre le co-processing plus rentable et encourager les cimentiers à investir dans cette technologie. Ce mécanisme devrait :

- ✓ Alléger le coût d'investissement
- ✓ Faire en sorte que le coût d'approvisionnement en combustibles alternatifs soit attractif
- ✓ Minimiser les pertes dues aux risques de discontinuité de la production

Pour alléger le coût d'investissement, des incitations financières peuvent être attribuées aux cimentiers tels que :

- Des subventions sur l'achat et l'installation des équipements de co-processing
- L'allègement ou suppression de certaines taxes et droits de douane
- Appui de l'Etat et des municipalités concernées dans le cadre d'un partenariat gagnant – gagnant conjuguant impacts environnementaux et économies financières.

En ce qui concerne le coût d'approvisionnement en combustibles alternatifs, il faut choisir le combustible alternatif possédant le rapport pouvoir calorifique/prix le plus important. Egalement, l'état doit veiller à ce que les prix soient acceptables et faire face à la flambée des prix suite au déploiement du co-processing puisqu'il a été remarqué que le prix de vente des grignons d'olives est en train d'augmenter progressivement suite à leur utilisation par certaines cimenteries pour des opérations d'essai. De plus, il faudrait veiller à choisir les déchets ne nécessitant pas de prétraitement ou ceux dont le coût de prétraitement n'est pas très élevé.

Enfin, pour minimiser les pertes dues aux risques de discontinuité de la production, on constate qu'il n'y a pas de mesures notables qui pourraient être proposées pour les deux phases de préparation et de test de l'installation. Par contre, pour la phase de l'utilisation, il faut veiller à ce que le combustible alternatif choisi soit présent en quantités suffisantes tout au long de l'année pour éviter les arrêts dus à la rupture du stock.

1.2.3.2. Mesures non financières

<u>Mesures technologiques, techniques et opérationnelles :</u>

Afin de garantir une bonne exploitation de la technologie, certaines mesures techniques et opérationnelles doivent être prises en considération.

Commençons par les insuffisances par rapport à la qualité et la disponibilité des déchets. La solution réside dans la sélection rigoureuse du combustible alternatif utilisé. Ce choix doit être basé sur les critères suivants :

- Combustible alternatif ayant un fort pouvoir calorifique.
- Combustible alternatif ayant une faible teneur de substances pouvant avoir un impact sur la qualité du clinker et le fonctionnement du four.
- Combustible alternatif ayant des propriétés (ex. humidité et composition chimique) stables.
- Combustible alternatif ayant un flux le plus stable possible et facile à transporter.

Le choix du combustible alternatif répondant à ces critères assurera le bon fonctionnement du four et la continuité de la production du clinker. D'autant plus qu'un certain nombre d'essais doit être effectué pour atteindre les conditions d'un fonctionnement optimal et s'assurer que la qualité de la production ne sera pas affectée.

En Tunisie, les combustibles alternatifs les plus susceptibles d'être utilisés sont les RDF, les déchets ménagers, la biomasse précisément les grignons d'olives, les sciures de bois, les boues de STEP et d'hydrocarbures, les huiles et les pneus usagés. Selon l'étude du CITET*, le potentiel valorisable en cimenterie sur la base des déchets ménagers et assimilés en Tunisie est de 0,36 à 1,1 millions de tonnes par an selon le type de traitement choisi :

- Le traitement mécanique des déchets ménagers permet de récupérer 15 à 20% des déchets solides broyés pouvant être utilisés en four de cimenterie
- Le traitement mécanique et biologique des déchets ménagers permet de récupérer 40 à 45 % des déchets solides broyés pouvant être utilisés en four de cimenterie.

Concernant les déchets dangereux, leur gisement total est estimé à 150 000 T/an dont 49% peuvent être utilisés dans les cimenteries.

Passons ensuite au manque de connaissances et compétences techniques relatifs au co-processing en Tunisie. Pour faire face à ce problème, il faut apprendre des expériences internationales et organiser des rencontres et des formations avec des experts de ce domaine et ensuite organiser des visites d'unités de traitement de déchets (en Europe ou au Maroc : plateformes et cimenteries utilisant le co-processing dans leurs procédés). Il faut aussi établir un guide instructif sur le co-processing et sa mise en œuvre pratique dans les cimenteries tunisiennes.

Enfin, concernant l'insuffisance des installations et des centres de prétraitement des déchets, il faut mettre en place ces installations en collaboration avec l'ANGED qui s'occupe de la gestion des déchets en Tunisie.

Mesures réglementaires et institutionnelles :

L'Etat Tunisien devrait réviser ses dispositions réglementaires et modifier les structures institutionnelles liées au co-processing et à l'incinération des déchets pour faciliter le développement du co-processing dans les cimenteries tunisiennes. Plus précisément :

- Les textes juridiques régissant la qualité d'air et la gestion des déchets devraient être revus et modifiés :
  - Les valeurs limites d'émissions polluantes fixées par le décret n°2010-2519 du 28 Septembre 2010 pour la Co-incinération devraient être révisées et alignées à celles de la directive Européenne tout en analysant et exploitant les résultats de suivi des émissions en ligne par l'ANPE. Ce changement concerne précisément les poussières et les émissions de NOx.
  - Les textes juridiques régissant la gestion des déchets devraient être modifiés :
    - Autoriser l'utilisation des déchets dangereux comme combustibles et reconnaitre la Co-incinération en tant qu'option dans le schéma global de gestion de déchets dangereux
    - Autoriser l'incinération des déchets et leur utilisation comme combustibles et faciliter l'octroi des autorisations
    - Autoriser le mélange différents types de déchets dangereux et de mélanger des déchets non dangereux pour la préparation des combustibles dans le cadre du co-processing, et assouplir les conditions d'octroi de ces autorisations

En attendant que les textes réglementaires soient révisés, il serait intéressant d'établir un accord volontaire (Convention) pour le développement du co-processing.

- Il faut veiller à remédier aux défaillances existantes dans l'organisation du secteur de gestion des déchets :
  - La détermination claire des responsabilités et du rôle de chaque institution afin de faciliter la mise en œuvre des projets en lien avec la gestion des déchets et mettre en place au

niveau de l'ANGED un service ou une cellule pour le développement et le suivi du dossier relatif au co-processing

- Veiller à établir des moyens et des systèmes de concertation et de communication entre les acteurs (municipalités, Agence Nationale de Gestion des Déchets « ANGED », ministère de l'environnement…) ce qui permettra le transfert de l'information et la résolution rapide des problèmes.

- Essayer de persuader l'état sur l'importance et la profitabilité du co-processing et l'inciter à lui accorder plus d'intérêt et faciliter sa mise en œuvre.

Mesures sociales : Des campagnes de sensibilisation et d'information (média, presse,…) doivent être organisées pour communiquer sur l'intérêt du co-processing et épargner les craintes du grand public vis-à-vis à cette technologie. Du côté des ouvriers des cimenteries, il faut les rassurer de garantir leur sécurité et leur expliquer que cette technologie ne présente pas des problèmes de santé si toutes les conditions de sécurité sont bien mises en place et bien respectées tout en s'appuyant sur des exemples des expériences internationales de co-processing dans les cimenteries.

1.3. Analyse des barrières et les mesures favorables envisageables des moteurs électriques à haut rendement

1.3.1. Description générale des moteurs électriques à haut rendement

Le moteur à haut rendement est un moteur où les pertes mécaniques et électriques sont considérablement réduites pour tendre vers un minimum absolu, et réaliser ainsi des économies d'énergie.

Si le prix de revient d'un tel moteur est plus élevé que celui des types de moteurs moins efficaces, il permet par contre de réaliser des économies d'énergie considérables sur toute sa durée de vie et présente encore une foule d'autres avantages :

- ✓ Il génère moins de chaleur interne
- ✓ Son temps et coûts d'entretien sont moins importants
- ✓ Sa durée de vie est plus longue
- ✓ Il produit moins de bruit
- ✓ Il présente un meilleur facteur de puissance
- ✓ Il résiste mieux aux conditions d'exploitation anormales, comme la sous-tension et la surtension, le déséquilibre de phase …

Le développement global de moteurs épargnant de l'énergie a mené à une grande variété de standards, lois et normes dans le monde et particulièrement en Europe ces dernières années comme

ceux de l'Energy Policy Act (EPact), de l'institut d'ingénieurs en électricité et électronique (IEEE) et le Comité Européen de Constructeurs de Machines Electriques et d'électronique de Puissance (CEMEP). Pour harmoniser ceci à base globale, la norme IEC 60034-30 était lancée. Cette norme définit et standardise maintenant les classements des rendements IE1, IE2 et IE3 pour les moteurs à courant alternatif triphasés, basse tension, dans le monde entier. Le classement IE signifie 'International Energy Efficiency Class', et le nouveau système prend la place du précédent 'Voluntary Agreement' du CEMEP.

Tableau 10 : Classement des rendements des moteurs électriques

Classe de Rendement énergétique	IEC 60034-30	CEMEP
Sous STANDARD ou FAIBLE	Aucun identificateur	EFF3
STANDARD	IE1	EFF2
HAUT	IE2	EFF1
PREMIUM	IE3	-
Super PREMIUM	IE4	-

Le rendement le plus élevé d'une catégorie particulière varie avec la puissance nominale (kW ou HP) et le nombre de pôles (ou la vitesse). Pour illustrer ces rapports on a considéré des moteurs à induction de 50 Hz à 4 pôles, les valeurs des rendements maximaux varient d'une classe à une autre comme le montre le graphique suivant :

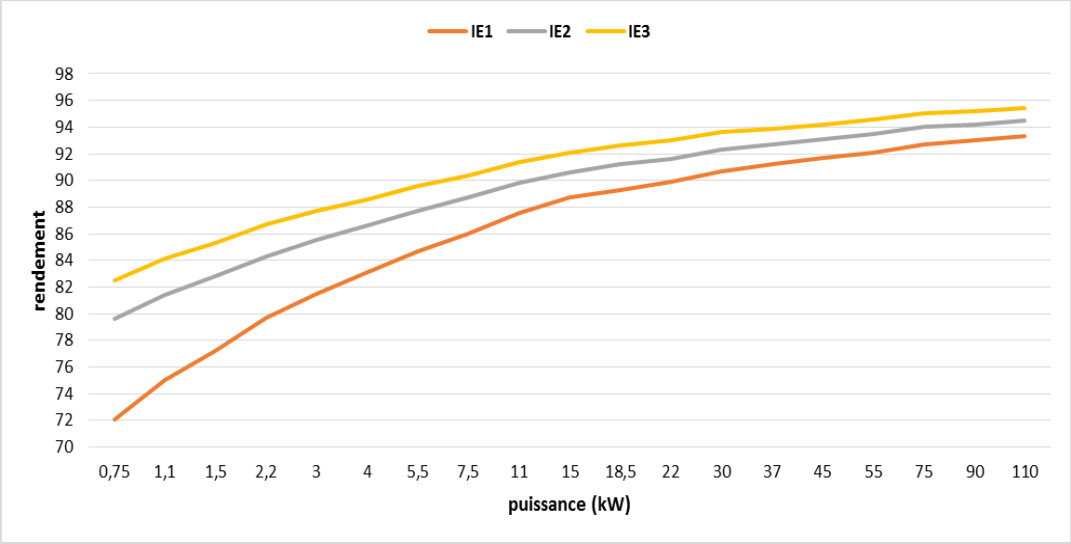


Figure 3 : Comparaison des valeurs limites des rendements IE1, IE2 et IE3 pour les moteurs électriques 4 pôles, 50 Hz

(Source des valeurs : rapport « nouvelles normes et directives de rendement applicables aux moteurs à induction triphasés à cage » Leroy-Somer 2009[8])

Le graphique montre également que le changement de la classe du rendement est plus signifiant pour les moteurs à faible puissance que pour ceux à grande puissance.

Les moteurs électriques à haut rendement assurent des économies d'énergie allant de 1 à 13% selon le type et la puissance du moteur. Les différents pourcentages d'économie d'énergie pour les moteurs électriques 4 pôles, 50 Hz sont détaillés dans la figure suivante :

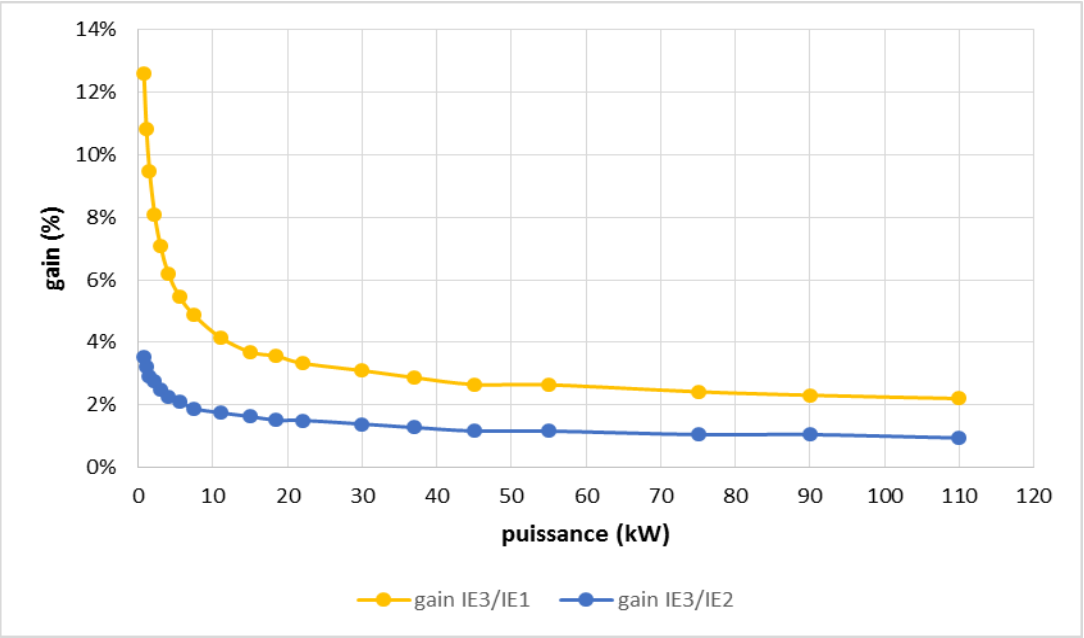


Figure 4 : Pourcentages des gains énergétiques obtenus en remplaçant des moteurs standards par des moteurs à haut rendement pour les moteurs électriques 4 pôles, 50 Hz

Les moteurs électriques à hauts rendements sont classés comme biens marchands de consommation.

Les moteurs électriques à hauts rendements présentent un faible taux de pénétration en Tunisie, malgré les études et les campagnes de sensibilisation réalisées par l'ANME au profit des industriels.

1.3.2. Analyse des barrières des moteurs électriques à haut rendement

Une analyse détaillée des barrières a été effectuée par le groupe de travail d'atténuation à l'aide de la méthode de l'arbre à problèmes où chaque problème central a été analysé selon ses causes et ses effets. Les barrières ont été classées par les membres du groupe de travail par ordre d'importance d'une manière consensuelle. L'arbre à problèmes de la barrière principale est inclus dans l'annexe I. Cette analyse a dégagé les barrières économiques, réglementaires, technologiques et d'information et sensibilisation résumées dans le tableau suivant et dont l'ordre d'importance est indiqué entre parenthèses.

Tableau 11 : Liste des barrières relative aux moteurs électriques à haut rendement

Catégorie	Problème central et ordre d'importance	Causes niveau 1	Causes niveau 2

Economique et financière	Coût d'investissement plus élevé que les moteurs standard **(2)**	Coût élevé de la technologie	Technologie relativement nouvelle
		Taxes et droits de douane élevés	Technologie importée
Réglementaires et juridiques	cadre réglementaire et juridique insuffisant **(1)**	Absence de normes régulant l'utilisation des moteurs à hauts rendements	
		Application insuffisante des normes d'efficacité énergétique	Manque de suivi, de contrôle et de sanctions en cas d'infraction
Information et sensibilisation	Manque de sensibilité par rapport à l'aspect énergie et environnement **(5)**	Absence de sensibilisation	
	Manque d'information des responsables **(6)**	Manque de formations et d'information par rapport aux nouvelles technologies du secteur	
Technologiques	Manque de compétences et d'outils dans l'implémentation, le service après-vente (SAV) et la maintenance **(3)**	Manque de formations	
		Manque de pièces de rechange	

1.3.2.1. Barrières économiques et financières

Le coût d'un moteur à haut rendement varie selon sa puissance, mais reste supérieur au coût d'un moteur à rendement standard. Ce coût élevé est dû essentiellement :

- Au coût de la technologie à la base élevé puisque c'est une technologie relativement nouvelle,
- Aux taxes et droits de douane élevés étant donné que ces moteurs ne sont pas fabriqués localement et sont importés. Par exemple, les moteurs à courant continu, d'une puissance excédant 750 w mais n'excédant pas 75 kW, sont soumis à une redevance prestation de douane de 3% et une taxe sur la valeur ajoutée de 12%.

Tableau 12 : Prix des moteurs à haut rendement (2012)

Unité (HP)	5	7,5	10	15	20	25	30	50
Prix moteur ($)	**533**	**724**	**814**	**996**	**1294**	**1700**	**1771**	**2751**

Source : Identification et promotion de nouvelles mesures d'Efficacité Energétique dans le secteur industriel, ANME, 2012

1.3.2.2. Barrières non financières

Barrières réglementaires et juridiques : Les moteurs à hauts rendements sont dépourvus d'un cadre réglementaire et juridique adéquat qui incite les industriels à les utiliser. En effet :

- Il y a absence de normes régulant l'utilisation de ce type de moteurs qui consiste essentiellement en l'absence d'un texte réglementaire qui spécifie les rendements des moteurs commercialisés sur le marché Tunisien,
- D'autre part, il y a une insuffisance dans l'application des normes d'efficacité énergétique résultant du manque de suivi, de contrôle et de sanctions en cas d'infraction.

Barrières d'information et de sensibilisation : le développement des nouvelles technologies en Tunisie est freiné à cause de la réticence des industriels. Ceci est dû au :

- Manque de sensibilité par rapport à l'aspect énergie et environnement car Les responsables des usines manquent d'informations sur l'efficacité énergétique et sont inconscients de ces bienfaits et avantages aussi bien au niveau de l'usine qu'au niveau national. Ceci est dû au manque de campagnes de sensibilisation et d'information est à l'absence de spécialistes dans le domaine de l'énergie et l'environnement dans certaines usines.
- Manque d'information des responsables qui est dû au manque d'information et de formations à propos des nouvelles technologies du secteur de l'industrie.

Barrières technologiques : les barrières technologiques handicapant le déploiement des moteurs à haut rendement sont les suivantes :

- Le Manque de compétences dans l'implémentation, le SAV et la maintenance de ce type de moteurs puisque c'est une nouvelle technologie peu répandue en Tunisie et qu'il y a un manque de formation et de mise à jour du personnel.
- le manque de disponibilité des pièces de rechange. Ceci laisse les industriels méfiants de l'utilisation de ces moteurs par peur des problèmes techniques et de blocage de la production s'il y a un disfonctionnement ou une panne au niveau du moteur.

1.3.3. Mesures identifiées

Comme pour les barrières, les membres du groupe de travail ont adopté la méthode de l'arbre à solutions pour analyser les solutions relatives aux différentes barrières. L'arbre à solutions présente une solution au problème central qui en découle des solutions aux problèmes secondaires emmenant

à ce problème central. Il présente également les effets de ces solutions sur le déploiement de cette technologie.

L'arbre à solutions relatif au problème le plus important est inclus dans l'annexe I.

1.3.3.1. Mesures économiques et financières

Pour alléger le surcoût des moteurs à haut rendement par rapport aux moteurs à rendement normal, certaines mesures financières doivent être mises en place :

- Pour alléger le surcoût dû au prix initial : il faut maintenir le dispositif actuel pour la prime relative aux actions matérielles et immatérielles par le biais du Fonds de Transition Energétique (FTE) qui est fixé pour les investissements matériels à 20% du coût plafonné selon le niveau de consommation
    - ✓ moins de 4000 tep : 100.000 DT
    - ✓ de 4000 à 7000 tep : 200.000 DT
    - ✓ plus de 7000 tep : 250.000 DT

Le tableau suivant donne une idée sur les prix et les temps de retour sur investissement (TDR) pour les moteurs à haut rendement avec et sans subvention :

Tableau 13 : Prix et temps de retour sur investissement pour les moteurs à haut rendement avec et sans subvention

Puissance	HP	5	7,5	10	15	20	25	30	50
	Watts	3 730	5 595	7 460	11 190	14 920	18 650	22 380	37 300
Rendement	%	91%	92%	92%	93%	93%	94%	94%	94%
Economie par rapport à un moteur standard	$/an	111	141	123	151	137	200	245	448
Prix	$	533	724	814	996	1294	1700	1771	2751
Prix avec subvention 20%	$	426	579	651	797	1035	1360	1417	2201
TDR sans subvention	an	5	5	7	7	9	9	7	6
TDR avec subvention 20%	an	3,9	4,1	5,3	5,3	7,6	6,8	5,8	4,9

Source : Identification et promotion de nouvelles mesures d'Efficacité Energétique dans le secteur industriel : Moteurs Electriques Asynchrones – ANME/ALCOR/ECOTECH - 2012

Il faut aussi chercher auprès des banques la possibilité d'accorder des prêts à faibles taux d'intérêts.

Sachant aussi que le FTE accorde une subvention de 50% plafonnée à 100.000 DT pour les projets de démonstration liés à la maîtrise de l'énergie.

- Pour alléger le surcoût dû aux taxes et droits de douane : il faut actualiser le décret n°95-744 du 24/04/1995 en ajoutant les moteurs à haut rendement à la liste des équipements n'ayant pas de similaires fabriqués localement utilisés dans la maîtrise de l'énergie pour qu'ils bénéficient d'une application de droits de douane minimum et de la suspension de la TVA.

1.3.3.2. Mesures non financières

Mesures réglementaires et juridiques : Il est opportun de mettre en place un cadre réglementaire approprié incitant à l'amélioration de l'efficacité énergétique des usines en utilisant les moteurs à haut rendement. Ceci étant en :

- Mettant en place des normes régulant l'utilisation des moteurs à haut rendement en élaborant un texte réglementaire qui spécifie les rendements des moteurs commercialisés sur le marché Tunisien. Ceci tout en s'inspirant des normes internationales qui sont selon la Directive Européenne :

  - A partir du 1er janvier 2015 :

  Les moteurs doivent avoir un rendement supérieur ou égal au niveau de rendement IE2 ;

  - A partir du 1er janvier 2017 :

  Les moteurs d'une puissance nominale comprise entre 7,5 et 375 kW doivent soit avoir un rendement supérieur ou égal au niveau de rendement IE3, soit atteindre le niveau de rendement IE2 et être équipés d'un variateur de vitesse ;

  - A partir du 1er janvier 2019 :

  Tous les moteurs d'une puissance nominale comprise entre 0,75 et 375 kW doivent soit avoir un rendement supérieur ou égal au niveau de rendement IE3, soit atteindre le niveau de rendement IE2 et être équipés d'un variateur de vitesse.

  L'élaboration des normes et des codes appropriés nécessitera le renforcement des capacités des institutions locales chargées de la mise en place des normes, des codes, des certifications et également fournir une assistance pour l'accréditation à travers l'expertise obtenue auprès des organisations internationales.

- Mettant en place un système de suivi et de contrôle et sanctionner les industriels en cas d'infraction et de non-respect des normes d'efficacité énergétique.

Mesures d'information et de sensibilisation : L'aspect information et sensibilisation est d'une importance extrême dans le développement de la technologie en Tunisie. Ceci englobe l'aspect sensibilité à la maîtrise de l'énergie et la préservation de l'environnement et l'aspect connaissance des

nouvelles technologies présentes sur le marché international. Les mesures qui peuvent entreprises à cet effet sont :

- Organiser des campagnes de sensibilisation et d'information sur l'efficacité énergétique auprès des industriels et appuyer cela par des projets pilotes de démonstration. Un autre moyen servant à convaincre les industriels à adopter cette technologie est de mettre à la disposition des bureaux d'études, ingénieurs conseils et responsables techniques des entreprises les outils sur les sites des revendeurs qui permettent de calculer les gains potentiellement réalisables par l'installation du nouveau moteur. Ces calculettes sont disponibles sur les sites des fabricants et nécessitent une large diffusion sur les sites des vendeurs/réparateurs locaux. Ces outils sont assez simples d'utilisation, rapides, et permettent d'avoir un chiffre moyen du coût d'investissement et de la rentabilité. Ce sont des données assez simples, mais qui peuvent servir comme outils d'aide à la décision et pousser les entreprises à agir.
- Organiser des sessions de formation sur les nouvelles technologies d'efficacité énergétique dans le secteur de l'industrie y compris les moteurs à haut rendement en se basant sur des exemples des expériences internationales. La promotion de la technologie par les associations de l'énergie et les institutions concernées contribuerait à combler les lacunes de l'information, le manque de sensibilisation et les difficultés à comprendre les détails technologiques.

Mesures technologiques : Pour encourager les industriels à utiliser les moteurs à haut rendement il faut :

- Renforcer les compétences dans l'implémentation, le service après-vente et la maintenance et ceci en :
  - ✓ Mettant l'accent sur l'enseignement technique à travers le programme d'apprentissage national et les centres de formation professionnelle pour créer une bonne sensibilisation et formation liée à la technologie
  - ✓ Organisant des échanges et des formations avec les pays ayant de l'expérience dans l'utilisation de cette technologie comme les pays Européens et les Etats Unis.
- Assurer la disponibilité des pièces de rechange chez les fournisseurs.

1.4. Interrelations entre les barrières identifiées

Les obstacles qui sont communs aux deux technologies sont mis en évidence ci-dessous.

1.4.1. Coût d'investissement élevé

Le capital d'investissement nécessaire élevé est un obstacle commun pour les deux technologies. La plupart des industries ont une réticence à investir dans les nouvelles technologies en raison des conjonctures économiques mondiale et nationale instables. Les équipements du co-processing et des moteurs électriques à hauts rendements ne sont pas fabriqués localement, mais sont importés ce qui explique leur coût élevé.

1.4.2. Manque de ressources financières et d'incitations

Cette barrière est étroitement liée à la barrière précédente. Bien qu'elle soit commune aux deux technologies, elle a plus de pertinence pour la technologie de co-processing parce que le coût d'investissement des moteurs électriques efficaces peut être réduit par la réduction des taxes et des droits de douane.

1.4.3. Cadre réglementaire insuffisant et faible application

Le cadre réglementaire insuffisant et inadéquat est un autre obstacle qui est considéré comme commun à toutes les technologies et qui représente une barrière majeure à la promotion de ces technologies.

1.4.4. Le manque de personnel qualifié pour la mise en œuvre de la technologie

La pénurie de personnel qualifié pour le fonctionnement et l'entretien des équipements liés à la technologie afin de maintenir le niveau de l'efficacité de chacune des deux technologies est un obstacle majeur.

1.4.5. Manque d'information et de sensibilisation

Le manque d'information, le manque de conscience et les difficultés à appréhender les détails techniques sont des obstacles communs pour les deux technologies. Ces technologies ne sont pas correctement diffusées dans l'industrie en raison d'un manque de communication.

1.5. Cadre favorable pour surmonter les barrières du secteur de l'industrie

1.5.1. Allègement des coûts d'investissement

Pour encourager les entreprises industrielles à investir dans des projets d'atténuation des émissions de GES, l'état devrais alléger les taxes et les droits de douane relatifs aux équipements nécessaires à la mise en œuvre de ces projets.

1.5.2. Fournir des ressources financières et des incitations

Les institutions de l'état pourraient aider les entreprises industrielles à financer les projets ayant pour but l'atténuation des émissions de GES. Elles peuvent les assister pour bénéficier d'aides ou de prêts provenant des institutions et organisations nationales et internationales. De plus, des subventions peuvent leur être accordées par l'ANME via le FTE.

1.5.3. Révision du cadre réglementaire

La plupart des projets rencontrent des problèmes d'ordre règlementaire à cause de l'insuffisance du cadre règlementaire et son inadaptation aux spécificités de chacune des technologies. Une mise à jour et une révision du cadre règlementaire relatif à ces technologies s'avère indispensable.

1.5.4. Formation d'un personnel qualifié pour la mise en œuvre de la technologie

La formation d'un personnel qualifié pour la mise en œuvre des technologies est indispensable pour garantir le bon fonctionnement et l'efficacité de celle-ci. A cet effet, des experts internationaux spécialisés dans ces technologies peuvent être sollicités pour assurer des formations aux compétences tunisiennes. Des voyages d'études à l'étranger peuvent être organisés pour profiter de l'expérience internationale et voir des exemples concrets.

1.5.5. Organisation de campagnes d'information et de sensibilisation

Il est utile d'organiser des campagnes d'information et de sensibilisation sous forme d'ateliers, de réunions, de publicité… pour informer et éclairer le grand public et leur donner des informations correctes.

2. Secteur du transport

2.1. Vision/Objectifs principaux visés pour le transfert et la diffusion des technologies

Le secteur du transport occupe une place prépondérante en termes d'émissions de GES. En effet, selon l'inventaire des émissions de GES de 2010, ce secteur représente 24,6% des émissions de GES imputables à l'énergie. On estime que ce chiffre va augmenter d'une façon considérable dans les années suivantes vu l'augmentation continue du nombre de véhicules en Tunisie, en particulier les voitures particulières dont le nombre a augmenté de 76 voitures par 1000 habitants en 2008 à environ 102 voitures par 1000 habitants en 2015 d'après les statistiques de l'ATTT. D'autant plus que la plupart des technologies de réduction des émissions de GES de ce secteur sont difficiles à mettre en place vu

leur coût très élevé. Notons aussi que le secteur du transport n'a pas, jusqu'à présent, attiré beaucoup d'attention en termes d'actions d'atténuation des émissions de GES à l'inverse d'autres secteurs comme celui de l'énergie par exemple.

Tant que le besoin des moyens de transport, en particulier des voitures particulières, ne cesse d'augmenter, et que l'achat de nouveaux véhicules est en évolution continue, il est important que les véhicules commercialisés dans le pays soient énergétiquement plus performants et moins émetteurs de GES et qu'il y ait des mesures pour contrôler et diminuer le nombre de kilomètres parcourus en voiture. Pour ces raisons, les deux technologies suivantes ont été choisies lors de la première phase de ce projet TNA pour une analyse plus détaillée : les voitures hybrides électriques et la géolocalisation par GPS.

2.2. Analyse des barrières et les mesures favorables de la géolocalisation des véhicules par GPS

2.2.1. Description générale de la géolocalisation des véhicules par GPS

La gestion des flottes par géolocalisation est un système de suivi et de localisation en temps réel des véhicules par le GPS. Il est basé sur l'équipement des véhicules par un GPS et un modem relié à un réseau de transmission de données qui permettra de transférer en temps réel les paramètres de conduite du véhicule (Positionnement, Vitesse, kilométrage, trajet, régime moteur, arrêts, consommation, etc.) qui peuvent être visualisés instantanément sur un logiciel dédié à cet effet (en se connectant à la plateforme du fournisseur depuis un ordinateur ou un Smartphone).

Ce système assure :

- ✓ Des économies de carburant
- ✓ L'amélioration de la sécurité grâce au contrôle de la vitesse des véhicules
- ✓ L'amélioration de la productivité et les prestations de service des sociétés
- ✓ La précision du système : la géolocalisation par satellite a comme principal atout d'affiner la position GPS du véhicule de 10m à 100m
- ✓ La rapidité : le GPS communique en temps réel les données géographiques de chaque conducteur

- ✓ L'aide à la navigation et le gain du temps : des cartes sont intégrées aux récepteurs GPS, comme les informations liées à l'état du trafic routier, des travaux, des déviations, des accidents…

Les économies de carburant et par conséquent le potentiel de réduction de GES varient en fonction de la taille du parc, du mode de gestion avant et après mise en place du projet et du nombre de paramètres à contrôler. D'après les chiffres de COMPANEO[9], la géolocalisation permet :

- ✓ 12% de réduction des frais de carburant
- ✓ 21% de diminution des émissions de CO2

2.2.2. Analyse des barrières de la géolocalisation des véhicules par GPS

Les membres du groupe de travail atténuation ont analysé, à l'aide de la méthode de l'arbre à problèmes, les contraintes bloquant le développement de la géolocalisation des véhicules par GPS.

Cette méthode consiste à l'analyse des relations causales et des problèmes fondamentaux liés au transfert de la technologie. Les participants ont organisé les problèmes dans la hiérarchie des causes et des effets ayant comme problème central de départ, un problème générique pour le transfert de la technologie. Sur le diagramme de l'arbre à problèmes les causes sont présentées en dessous du problème central et les effets en dessus. Ensuite, ces barrières ont été classées par ordre d'importance. L'arbre à problèmes de la barrière la plus importante relative à cette technologie est inclus dans l'annexe I.

Le tableau ci-dessous résume les principales barrières identifiées, leur ordre d'importance et leurs causes.

Tableau 14 : Liste des barrières relative à la géolocalisation des véhicules par GPS

Catégorie	Problème central et ordre d'importance	Causes niveau 1	Causes niveau 2
Barrières sociales	Faible acceptabilité sociale **(1)**	Réticence au contrôle	Peur de la sanction
			Augmentation de la charge de travail
			Contrôle strict de l'horaire de travail

		Personnel peu sensibilisé	Manque d'implication
			Manque d'information et de communication
		Absence de système global de monitoring	Manque de compétences
			Manque de volonté de l'entreprise
Barrières techniques	Inefficacité de l'actualisation du système d'informations spatiales **(2)**	Manque de coordination entre les parties prenantes	Absence de volonté
		Numérisation non généralisée	Insuffisance des moyens humains et matériels
		Couverture GPRS non généralisée	Manque de moyens matériels
	Manque de compétences **(3)**	Faible maitrise de la technologie	Manque de formations
			Technologie non vulgarisée
		Inefficacité du Cadre Organisationnel de l'exploitation de l'outil	Faibles capacités humaines
			Manque d'expérience

2.2.2.1. Barrières économiques et financières

Pas de barrières économiques et financières notables. En effet, le coût d'un abonnement GPS annuel varie entre 250 DT et 400 DT selon le fournisseur, le nombre de véhicules à équiper et l'étendue des paramètres à mesurer et à contrôler.

De plus une subvention de 20% du coût d'investissement est accordée par l'Agence Nationale pour la Maitrise de l'Energie ANME à travers le Fonds de Transition Energétique FTE pour ce type d'investissements.

2.2.2.2. Barrières non financières

Barrières sociales : l'une des plus grandes barrières handicapant l'utilisation et la diffusion des systèmes GPS en Tunisie est la faible acceptabilité sociale de cette technologie. Ceci s'explique par :

- La réticence des employés au contrôle par peur de l'augmentation de la charge de travail, peur de la sanction et du contrôle strict de l'horaire de travail.
- Le manque de sensibilisation du personnel quant aux avantages de cette technologie. Ceci se manifeste par le manque d'implication des employés et le manque d'information et de communication.
- L'absence d'un système global de monitoring vu le manque de volonté des entreprises et le manque de compétences.

Barrières techniques : un problème majeur entrave le bon fonctionnement du système GPS localisation. Il s'agit de l'inefficacité de l'actualisation du système d'informations spatiales ceci s'explique par :

- Un manque de coordination entre les parties prenantes (ministère de l'équipement, ministère de l'agriculture, ministère de l'intérieur, municipalités, Office de la Topographie et du Cadastre « OTC », Centre National de la Cartographie et de la Télédétection « CNCT », …)
- Une numérisation non généralisée par manque de moyens humains et matériels
- Une couverture GPRS non généralisée due au manque de moyens matériels

Un autre problème vient s'ajouter : il s'agit du manque de compétences qui se manifeste par :

- La faible maîtrise de la technologie due à sa non vulgarisation et le manque de formations.
- L'inefficacité du cadre organisationnel de l'exploitation de l'outil vu le manque d'expérience dans ce domaine et les capacités humaines limitées. En effet, certaines entreprises utilisent le système GPS localisation seulement pour contrôler et surveiller les déplacements de leurs employés. D'autres visent la diminution de la consommation des carburants, ils ont observé des résultats satisfaisants au début de l'expérience mais ils ont remarqué la dégradation des résultats au fur et à mesure. Ceci s'explique par l'absence de stratégie de suivi et de contrôle pour maintenir l'efficacité de l'outil.

2.2.3. Mesures identifiées

Comme pour les barrières, les membres du groupe de travail ont adopté la méthode de l'arbre à solutions pour analyser les solutions relatives aux différentes barrières. L'arbre à solutions présente une solution au problème central qui en découle des solutions aux problèmes secondaires emmenant à ce problème central. Il présente également les effets de ces solutions sur le déploiement de cette technologie.

L'arbre à solutions relatif au problème le plus important est inclus dans l'annexe I.

2.2.3.1. Mesures économiques et financières

Bien que les prix des abonnements annuels soient abordables, leur allègement en réduisant les taxes imposées aux fournisseurs serait toujours le bienvenu.

2.2.3.2. Mesures non financières

Mesures sociales : Pour garantir l'acceptabilité sociale du GPS localisation il faudrait faire des échanges d'expérience nationale et internationale, mettre en place des systèmes de partage des résultats et des

help desk pour profiter et apprendre de l'expérience des autres. Il faut persuader les employés que l'utilisation de cet outil ne vise pas à les surveiller et contrôler mais vise essentiellement à diminuer la consommation du carburant ce qui engendrera des gains financiers pour l'entreprise ainsi que la diminution des émissions de GES. Certains gestes de motivation et des récompenses peuvent être octroyées aux employés pour les inciter et enthousiasmer.

Un autre axe sur lequel il faudrait travailler est la sensibilisation du personnel par la démonstration de la méthodologie d'implication en organisant des journées portes ouvertes, des ateliers, etc…

Egalement il faut mettre en place un système global de monitoring englobant des stratégies et programmes de communication et réaliser des projets pilotes dans les entreprises publiques et privées servant de modèle pour les autres entreprises.

Mesures techniques : Certaines des actions ci-dessous pourraient aider à surmonter les barrières techniques liées à l'inefficacité de l'actualisation du système d'informations spatiales. Il s'agit de :

- Renforcer la coordination entre les parties prenantes (ministère de l'équipement, ministère de l'agriculture, ministère de l'intérieur, municipalités, Office de la Topographie et du Cadastre « OTC », Centre National de la Cartographie et de la Télédétection « CNCT »,…) en organisant des réunions et en créant un organisme qui collecte les données et les informations éparpillées entre les différentes institutions et qui les insère dans un système commun tout en vérifiant la conformité de ces données et leur vérification en cas de non concordance
- Fournir les moyens humains et matériels nécessaires à la généralisation de la numérisation :
    - Moyens humains : rechercher des spécialistes en informatique et numérisation et les former en cas de besoin
    - Moyens matériels : moyens financiers permettant la mise en place des systèmes de numérisation
- Fournir les moyens matériels essentiels (couverture réseau…) pour généraliser la couverture GPRS

Pour remédier au problème du manque de compétences il faudrait vulgariser la technologie et organiser des sessions de formation par des personnes ayant de l'expérience dans ce domaine au profit des fournisseurs des systèmes GPS ainsi que les exploitants de ce système au sein de l'entreprise pour aider à l'amélioration du niveau de maîtrise de la technologie et assurer sa meilleure exploitation. Il serait également utile de mettre en place un cadre organisationnel approprié qui met en place une stratégie de gestion, de suivi et du contrôle du système. Ceci étant en exploitant les informations issues du système pour mettre en place des actions permettant une meilleure gestion de la flotte et ainsi diminuer la consommation de carburant.

2.3. Analyse des barrières et les mesures favorables envisageables des voitures hybrides

2.3.1. Description générale des voitures hybrides

De nos jours, les véhicules électriques sont les véhicules les plus énergétiquement efficaces. Par contre, ces véhicules se heurtent au problème de leur coût élevé et de leur faible autonomie : ils ont besoin d'être fréquemment rechargés et leur charge ne tient pas pour des distances assez importantes. Ces facteurs ont conduit à la construction des véhicules hybrides.

Les véhicules hybrides électriques sont alimentés avec une combinaison d'un moteur à combustion et un moteur électrique. Le moteur électrique fonctionne grâce à l'énergie électrique stockée dans la batterie. Cette dernière peut être rechargée grâce au moteur à combustion qui entraine une génératrice produisant de l'électricité qui sera ensuite stockée dans la batterie, mais également grâce à la récupération de l'énergie cinétique due au freinage transformée en énergie électrique à l'aide de la génératrice. Cette conception rend le véhicule hybride plus économe en énergie par rapport aux véhicules conventionnels ce qui permet de réduire considérablement les émissions de gaz d'échappement sans avoir besoin d'infrastructure supplémentaire. Les gains en carburant sont estimés à 38% et la réduction des émissions de CO2 varie selon la dynamique de la circulation entre 23 et 43%[10].

Les recherches sur les véhicules hybrides ont commencé dans les années 1970 après la première crise pétrolière, mais ont diminué dans les années 1980 avec la chute des prix du pétrole. En 1997, avec l'augmentation de la préoccupation au sujet de la qualité d'air et de la sécurité énergétique, la première voiture hybride Toyota Prius a été lancée sur le marché japonais. La Prius a été suivie par la Honda Insight, puis par plusieurs autres modèles hybrides japonais. Depuis lors, les constructeurs automobiles américains ont également commencé à introduire les véhicules hybrides dans le marché.

En Tunisie, alors que de jour en jour, nous consommons de plus en plus de pétrole et nous avançons inconsciemment vers l'épuisement de nos ressources, les voitures hybrides, qui sont vendues dans plusieurs pays du monde, ne sont pas encore disponibles dans notre pays. Or, la Tunisie figure parmi les pays ayant érigé la qualité de l'environnement au rang de priorité absolue. Sans oublier que les voitures hybrides sont peu voraces en matière de consommation d'essence et présentent des économies surtout sur les courtes distances où on roule à faible vitesse et on fait face à des arrêts fréquents, ce qui caractérise la plupart des routes en Tunisie. Une comparaison entre la consommation de carburant et les émissions de CO2 entre la Yaris hybride et la Yaris non hybride montre le résultat suivant :

Tableau 15 : Comparaison de la consommation et des émissions entre la Yaris hybride et la Haris non hybride

Modèle	Yaris hybride	Yaris diesel
Consommation (l/100 km)	3,5	5,5
Emissions (g CO2/km)	79	103

Source : Wikipédia

De ce fait, quelques questions se posent : pourquoi ces voitures ne sont pas vendues en Tunisie ? Que font les concessionnaires de voitures, notamment de Toyota en Tunisie ? Est-ce une question de prix ?

2.3.2. Analyse des barrières des voitures hybrides

Les membres du groupe de travail d'atténuation ont examiné les caractéristiques du marché et ont classifié la technologie des véhicules hybrides électriques comme bien de consommation. Cette classification est choisie en raison du grand nombre de consommateurs potentiels, l'interaction avec les marchés existants et la nécessité d'intégrer les réseaux de distribution, de maintenance et de service après-vente dans la chaîne d'approvisionnement.

Les obstacles peuvent exister dans toutes les étapes de la chaîne d'approvisionnement, que ce soit au niveau du constructeur, du concessionnaire, du client ou du service après-vente. La demande dépend de la sensibilisation et des préférences des consommateurs et du marketing commercial et des efforts de promotion.

Lors des réunions de travail et de concertation qui ont été organisées avec les membres du groupe de travail, ces derniers ont identifié les obstacles à la promotion des véhicules hybrides électriques et ont essayé de comprendre pourquoi, malgré ses avantages, le véhicule hybride électrique n'a pas été commercialisé dans le pays.

Le groupe de travail a utilisé la méthode de l'arbre à problèmes comme un outil d'identification des barrières et d'analyse des défis qui entravent la promotion des véhicules hybrides électriques et a classé ces barrières par ordre d'importance d'une manière consensuelle. L'arbre à problèmes relatif à la barrière principale de cette technologie est inclus dans l'annexe I.

Les résultats de l'identification et de classification des barrières pour les véhicules hybrides électriques sont résumés dans le tableau suivant.

Tableau 16 : Liste des barrières identifiées relative aux véhicules hybrides électriques

Catégorie	Problème central et ordre d'importance	Causes niveau 1	Causes niveau 2
Economique et financière	Faible rentabilité **(2)**	Coût d'achat élevé	Taxes élevées
			Cout élevé de la technologie
			Taux de change défavorable

		Coût de l'énergie fossile défavorable	Les carburants fossiles en Tunisie sont subventionnés
			Baisse du coût du pétrole
Conditions du marché	Absence d'initiatives de la part des concessionnaires **(4)**	Étroitesse du marché	
		Marché dominé par les technologies conventionnelles	Absence de stratégie et d'initiatives de l'état concernant l'introduction de nouvelles technologies dans le marché du transport
			Manque de stratégies pour le développement des moyens de transport à faibles émissions
		Absence d'un cadre règlementaire	Absence de décision politique
Règlementaire	Absence d'un cadre règlementaire : pas d'homologation **(1)**	Absence d'étude technico économique	Manque de Prise de conscience des décideurs
Sociales et culturelles	Acceptation limitée de la technologie **(3)**	Connaissance limitée de la technologie	Absence de projets de démonstration
			Manque de promotion de la technologie
		Faible conscience de l'aspect environnemental	Manque de sensibilisation
			Capacité limitée pour solliciter des idées innovantes et encourager les technologies sobres en carbone
Technologique	Faible maitrise technique **(5)**	Faible maitrise par le ministère du transport/ Agence Technique des Transports Terrestres ATTT	Faibles compétences : personnel non formé
			Matériel et canaux d'alimentation en équipements manquants
		Faible maitrise par le SAV	expérience pratique limitée des experts locaux
			Matériel et canaux d'alimentation en équipements manquants
			Problème d'approvisionnement en pièces de rechanges
		Absence de concessionnaires	Taille du marché

2.3.2.1. Barrières économiques et financières

Les barrières économiques et financières sont les principales barrières qui pourraient mener à une faible demande des voitures hybrides en Tunisie, puisque ces derniers présentent une faible

rentabilité. Cette faible rentabilité est due au coût élevé de ces voitures et au coût de l'énergie fossile défavorable.

L'une des principales barrières bloquant la diffusion des voitures hybrides réside dans le fait que leur coût est élevé par rapport aux voitures conventionnelles. L'effort financier supplémentaire demandé, lors de l'achat, par rapport à un modèle « classique » est légèrement compensé par les économies en consommation de carburant vu que les carburants en Tunisie sont subventionnés. Le tableau ci-dessous montre la différence de prix, de consommation et des émissions de CO2 entre deux véhicules Toyota Yaris de même puissance (100 ch) : l'une hybride et l'autre à essence.

Tableau 17 : Comparaison du prix, de la consommation et des émissions entre une voiture Yaris hybride et une voiture Yaris à Essence

Modèle	Yaris hybride	Yaris Essence
Prix (€)	19 090	16 450
Prix (DT)	47 152	40 632
Surcoût (DT)	6 521	
Consommation cycle mixte (l/100 km)	3,3	4,9
Consommation cycle urbain (l/100 km)	3,1	6,4
Consommation cycle extra-urbain (l/100 km)	3,3	4,1
Emissions CO2 (g/km)	75	114

(Source : site web Toyota France[11])

Selon une étude réalisée par le PNUE en 2009 concernant les véhicules hybrides électriques[12], ces voitures coûtent environ 26% plus que les voitures conventionnelles de même type. Par contre, elles engendrent des économies de carburant pouvant atteindre 38% selon le type de circuit parcouru.

Les coûts additionnels relatifs à un véhicule full-hybride varient entre 3,000 US$ et 6,000 US$. Les coûts de maintenance devraient être égaux à ceux des véhicules conventionnels. Il est cependant prévu, que les coûts globaux sur la durée de vie d'un véhicule sont plus faibles pour un véhicule hybride grâce à une meilleure efficacité énergétique.

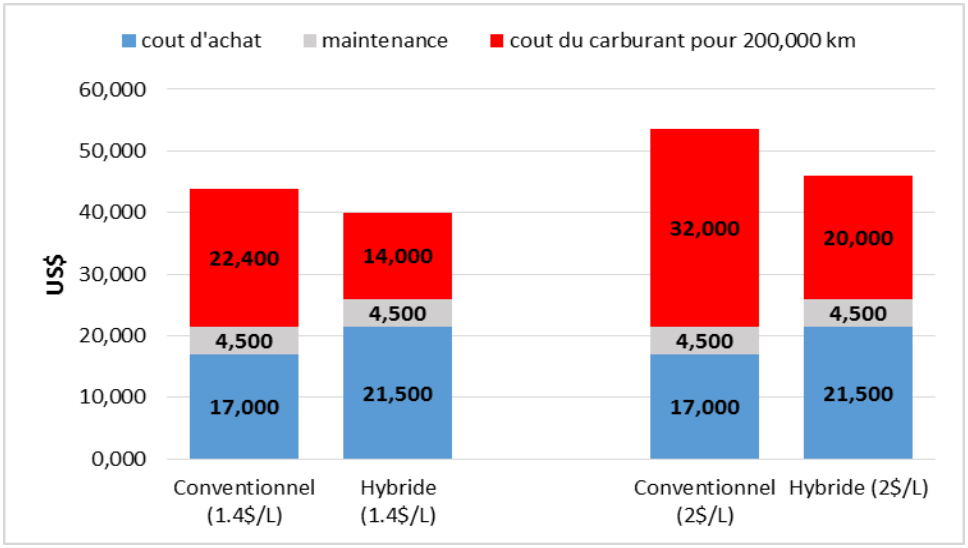


Figure 5 : Comparaison des coûts sur la durée de vie d'un véhicule classique et hybride

(Source : PNUE, 2009)

Pour avoir des chiffres plus récents, et avoir des chiffres pour le cas de la Tunisie, on a réalisé un calcul basé sur les données disponibles dans le site de Toyota France (prix, consommations, émissions…) en convertissant les prix d'achat de l'Euro vers le Dinar Tunisien et en prenant le prix de l'essence en Tunisie.

Selon les chiffres de 2016, et pour le modèle Toyota Yaris qui est disponible en 100% essence et en hybride, l'étude a ressorti que le surcoût est de 6 521 DT soit environ 16% de plus du coût de la voiture conventionnelle (100% essence). Les gains en consommation de carburant varient entre 20% et 52% selon le type du parcours (mixte [33%], urbain : [52%] ou extra-urbain : [20%]) ce qui implique un temps de retour sur investissement allant de 5 à 22 ans. Ce temps de retour sur investissement relativement élevé s'explique par le fait que ce calcul est fait sur la base du prix du carburant en Tunisie qui est subventionné par l'état. Ce chiffre pourrait s'améliorer au cas où les prix de l'énergie augmentent ou que l'état décide de diminuer la subvention sur les carburants.

2.3.2.2. Barrières non financières

Barrières règlementaires et législatives : les voitures hybrides ne jouissent d'aucune législation pour les catégoriser dans le paysage automobile Tunisien et reconnaitre leur écologie lors de l'homologation. L'absence d'un cadre règlementaire et législatif est peut-être dû à l'absence d'une étude technico-économique montrant les bienfaits de l'introduction de ce type de voitures pour l'état et aidant à mettre en place un plan d'actions dédié à cet effet. Ceci peut être expliqué par le manque de prise de conscience des décideurs et leur méfiance du degré d'acceptation et d'attraction de ces voitures par les Tunisiens.

L'absence d'un cadre règlementaire et législatif peut également être expliquée par l'absence d'initiatives de la part des concessionnaires vu que la taille du marché ne les encourage pas à commercialiser ce genre de voitures en Tunisie d'autant plus que le prix de vente est élevé en absence d'allègements fiscaux et d'incitations financières.

Barrières technologiques : Afin d'introduire les véhicules hybrides en Tunisie, certaines barrières techniques de base doivent être anéanties, par exemple :

- La faible maîtrise de la technologie par le ministère du transport et l'Agence Technique du Transport Terrestre (ATTT) puisqu'aucune initiative n'a été prise pour introduire les véhicules hybrides en Tunisie.
- L'absence de concessionnaires intéressés par commercialisation de ces voitures, vu la taille limitée du marché.
- La faible maîtrise de la technologie par les SAV par manque de compétences spécialisées dans cette technologie, par manque de matériel et de pièces de rechanges spécifiques aux voitures hybrides.

Barrières sociales et culturelles : Le manque de promotion de la technologie et l'absence de projets de démonstration rendent la technologie peu connue par le grand public. D'autre part, le manque de sensibilisation à propos du contexte énergétique et environnemental de la Tunisie implique une faible conscience de ces aspects et par suite un manque d'intérêt vis-à-vis des voitures hybrides.

2.3.3. Mesures identifiées

Comme pour les barrières, les membres du groupe de travail ont adopté la méthode de l'arbre à solutions pour analyser les solutions relatives aux différentes barrières. L'arbre à solutions présente une solution au problème central qui en découle des solutions aux problèmes secondaires emmenant à ce problème central. Il présente également les effets de ces solutions sur le déploiement de cette technologie.

L'arbre à solutions relatif au problème le plus important est inclus dans l'annexe I.

2.3.3.1. Mesures économiques et financières

Pour rendre les voitures hybrides moins chères en Tunisie, l'état devrait prendre quelques dispositions tels que :

- L'exonération totale ou partielle des droits de douane qui varient selon le type et la puissance du véhicule et peuvent atteindre jusqu'à 50% du prix de la voiture.
- La mise en place d'incitations et de conventions avec les producteurs

- Prévoir des incitations fiscales pour l'importation de ce genre de voitures économes en énergie

En France, un nouveau barème bonus-malus écologique est entré en vigueur le 1er janvier 2013 et a pris un virage en faveur des véhicules hybrides et électriques. Ce barème consiste à :

- L'octroi d'un bonus « écologique » lors de l'achat d'un véhicule hybride défini comme suit :
  - Voiture hybride (moins de 110 g CO2/km) : bonus plafonné à 4 000 euros, limité à 10 % du prix d'acquisition du véhicule, avec un montant minimal du bonus accordé de 2 000 euros,
  - Voiture hybride rechargeable (moins de 50 g CO2/km) : bonus de 5 000 euros pour les véhicules dont les émissions de CO2 sont inférieures ou égales à 50 g par km parcouru,
  - Voiture hybride rechargeable (de 51 g à 60 g CO2/km) : bonus de 4 500 euros pour les véhicules dont les émissions de CO2 sont strictement supérieures à 50 g et inférieures ou égales à 60 g par km parcouru.
- L'exonération totale ou partielle de la taxe sur les véhicules de société (TVS)
- La soumission des véhicules émettant plus de 136 g de CO2/km à un malus d'une valeur de 100 € à 6 000 € déterminé selon la quantité de CO2 émise.

L'analyse du temps de retour pour le cas de la voiture Toyota Yaris en considérant une réduction de 8% du prix de la voiture hybride nous a permis d'avoir le graphique ci-dessous.

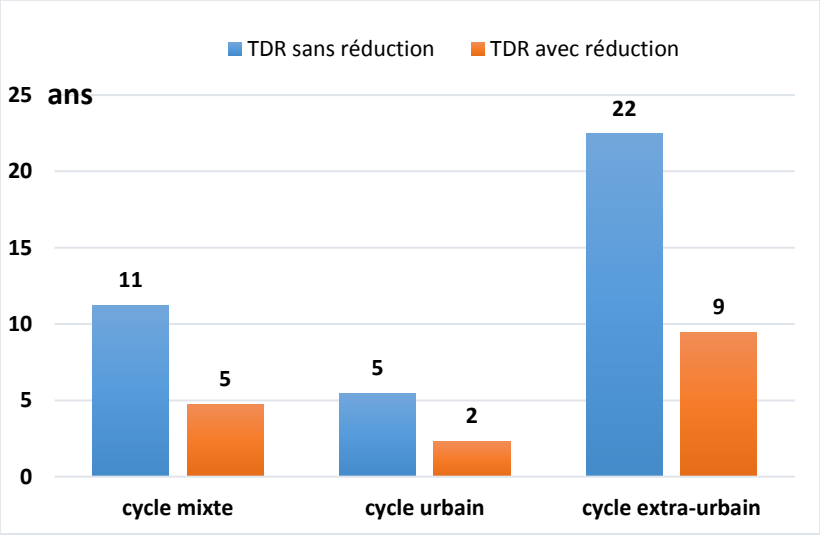


Figure 6 : Variation du temps de retour pour la Toyota Yaris selon le cycle, en considérant une réduction de 8% du prix d'achat

Ce résultat confirme le fait que les voitures hybrides sont plus rentables pour un cycle urbain que pour un cycle extra-urbain, et montre que le temps de retour sur investissement devient encourageant s'il y a une réduction de 8% du prix de la voiture hybride.

2.3.3.2. Mesures non financières

Mesures technologiques : la maîtrise de la technique en Tunisie nécessite :

- Le lancement d'un marché public pour avoir des concessionnaires commercialisant les voitures hybrides sur le marché Tunisien.
- La formation des cadres du ministère du transport et des agents de l'ATTT pour qu'ils maîtrisent bien la technologie.
- L'introduction des employés des centres de SAV dans des centres professionnels spécialisés, leur mettre à disposition du matériel nécessaire et le développement d'un réseau de vendeurs de pièces de rechange afin de créer un réseau de SAV bien formé et maitrisant la technologie.

Mesures règlementaires et juridiques : pour pouvoir commercialiser les voitures hybrides en Tunisie, il faut mettre en place un cadre règlementaire et juridique spécifique à ce type de voitures qui consiste essentiellement à identifier les conditions d'homologation, les possibilités de réduction des taxes et l'octroi de primes et subventions. Pour cela, il faudrait organiser des ateliers, des réunions et des conférences pour informer les parties prenantes et collecter les données nécessaires pour réaliser une étude technico-économique.

Il faut aussi encourager et aider les concessionnaires à prendre des initiatives pour intégrer les voitures hybrides au marché automobile tunisien. Des initiatives de l'état, en intégrant ces voitures dans le parc public, peuvent être utiles.

Mesures sociales et culturelles : pour que le grand public accepte et s'intéresse aux voitures hybrides il faut qu'il connaisse la technologie et qu'il soit conscient de l'aspect environnemental. Ceci ne peut être atteint que s'il y aura des campagnes de promotion de la technologie et des projets de démonstration ainsi que l'intensification des campagnes de sensibilisation.

2.4. Interrelations entre les barrières identifiées

Bien que les deux technologies identifiées soient différentes, certaines barrières identifiées sont similaires.

2.4.1. Faible maitrise technique

Le secteur souffre d'une faible maitrise technique des nouvelles technologies par manque de formations, d'expérience pratique et de moyens matériels.

2.4.2. Faible acceptabilité sociale

Toute nouvelle technologie fait face à une faible acceptabilité due au manque d'informations sur la technologie et ses avantages et l'absence de campagnes de sensibilisation.

2.5. Cadre favorable pour surmonter les barrières du secteur du transport

Pour pouvoir surmonter les barrières du secteur du transport, il faut veiller à mettre en place un cadre réglementaire adéquat ordonnant et facilitant la mise en œuvre des nouvelles technologies. Plus particulièrement, pour le cas des véhicules hybrides, il faut autoriser l'importation et la vente de ce type de véhicules tout en fixant les conditions d'homologation, les taux de réduction des taxes et les montants des primes et subventions.

Les incitations financières comme la réduction des taxes et l'octroi de prêts et de subventions pourront encourager les gens à investir dans ces technologies.

L'organisation de campagnes d'information et de sensibilisation serait très utile pour éveiller la conscience du grand public et leur fournir les informations nécessaires.

Références

[1] GIZ/ANME, Développement d'un concept de mécanisme d'atténuation dans le secteur cimentier en Tunisie, 2013

[2] GTZ – Holcim, Directives sur le Co-Processing des Déchets dans la Production de Ciment, 2006, http://www.gd-maroc.info/fileadmin/user_files/pdf/ppp/directives_ciment.pdf

[3] CEMENTIS Consulting-CIUDAD, Co-processing waste in the cement industry: A solution to natural resource preservation and total emission reduction, 2011, http://www.sweep-net.org/ckfinder/userfiles/files/events/Forum-beirut-april2011/session5-Cementis.pdf

[4] CCNUCC, Mécanisme de développement propre : substitution partielle des combustibles fossiles par la biomasse dans la cimenterie « Les Ciments Artificiels Tunisiens », 2011

[5] GIZ/ANME, Développement d'un concept de mécanisme d'atténuation dans le secteur cimentier en Tunisie, 2013

[6] CITET, Etude pour le développement de l'utilisation des combustibles alternatifs (Co-processing) dans les cimenteries en Tunisie, Juillet 2013

[7] ANGED, http://www.anged.nat.tn/index.php?option=com_content&view=article&id=145&Itemid=265

[8] « Nouvelles normes et directives de rendement applicables aux moteurs à induction triphasés à cage », Leroy-Somer, 2009, http://www.leroy-somer.com/fr/cei/docs/4345b_fr.pdf

[9] COMPANEO, http://www.companeo.com/geolocalisation-de-vehicules/guide/infographie-gains-geolocalisation#0

[10] http://www.climatetechwiki.org/technology/hev

[11] Yaris hybride:
https://www.toyota.fr/new-cars/yaris/index/prices#/publish/CARCONFIG_LOAD/modelid=09a6531a-c3f1-4d2d-b4d3-eb45cbb35478/carid=36b606b8-5b55-484d-9cf7-864257b2af6f

Yaris Essence:
https://www.toyota.fr/new-cars/yaris/index/prices#/publish/CARCONFIG_LOAD/modelid=09a6531a-c3f1-4d2d-b4d3-eb45cbb35478/carid=8f12f99b-2863-4e63-b927-f416ed67299e

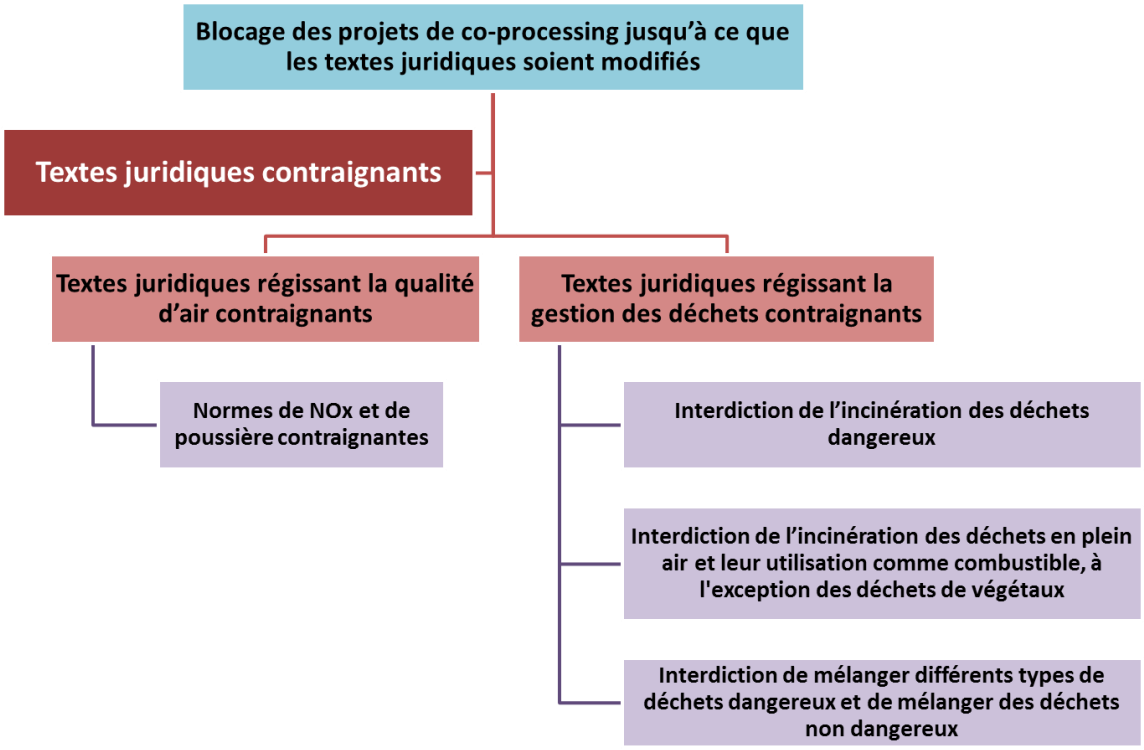
[12] PNUE, Hybrid Electric Vehicles: An overview of current technology and its application in developing and transitional countries, 2009, http://www.unep.org/transport/pcfv/PDF/HEV_Report.pdf

ANNEXES

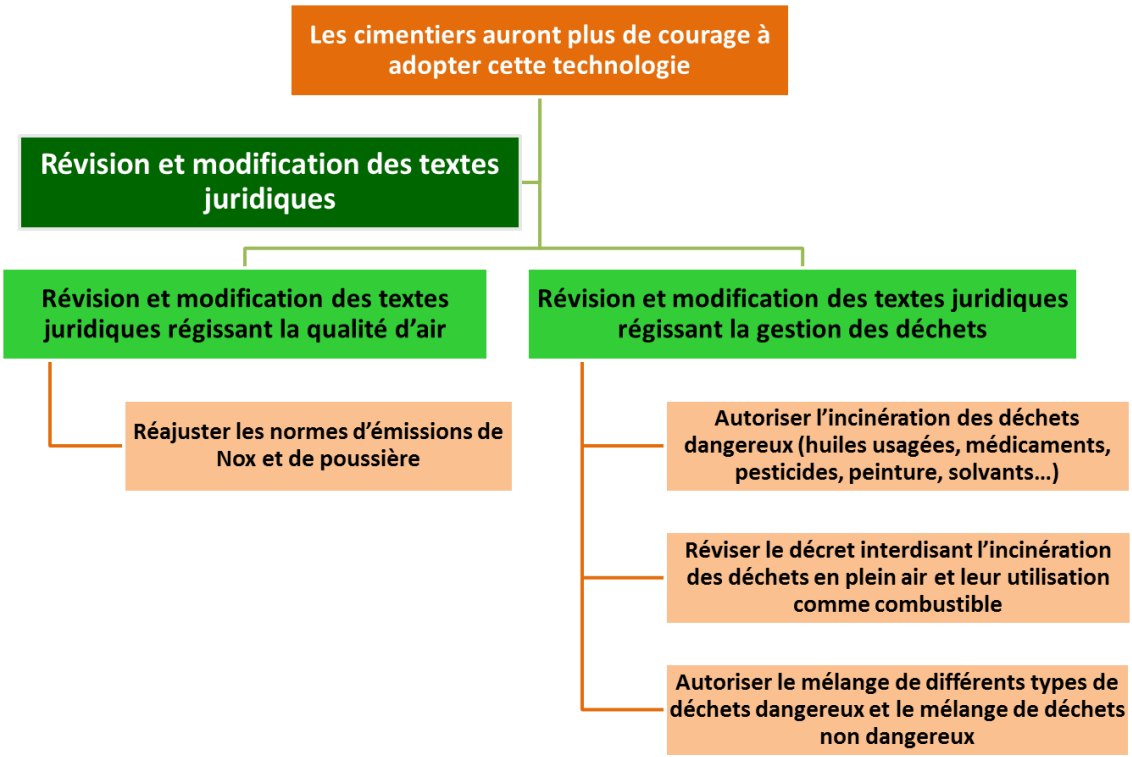
ANNEXE I : Arbres à problèmes et mesures

ANNEXE I-1 : Arbres à problèmes et mesures du co-processing

PROBLEMES

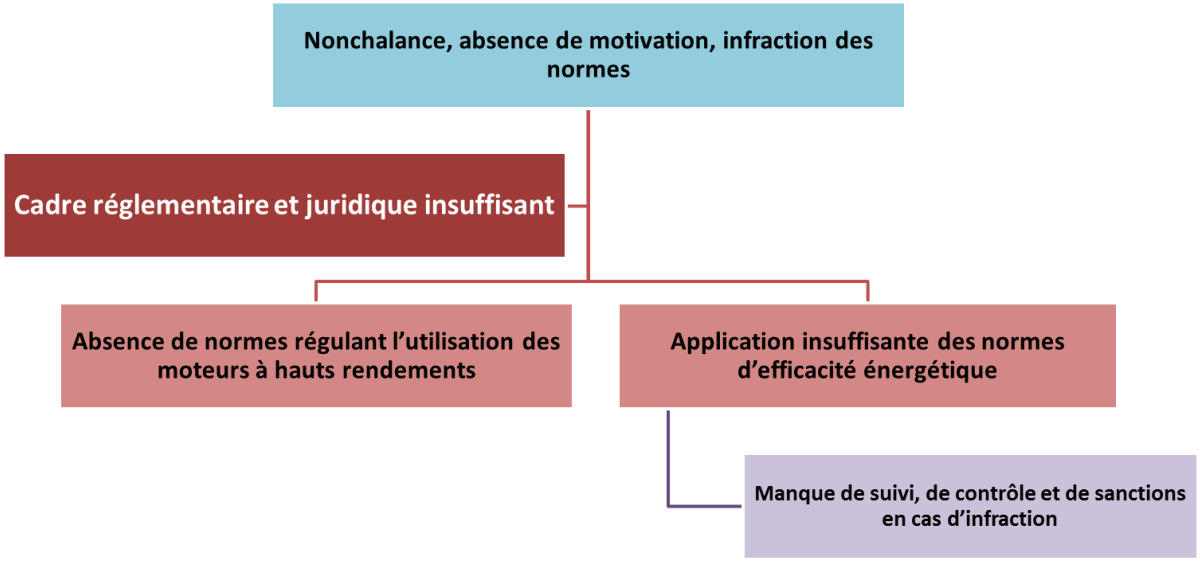


MESURES

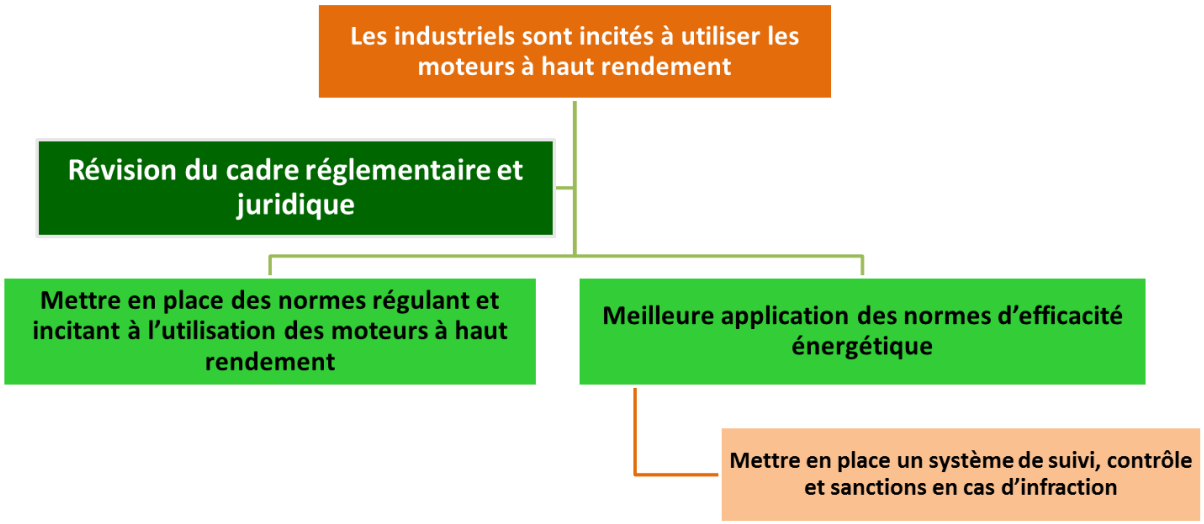


ANNEXE I-2 : Arbres à problèmes et mesures des moteurs électriques à haut rendement

PROBLEMES

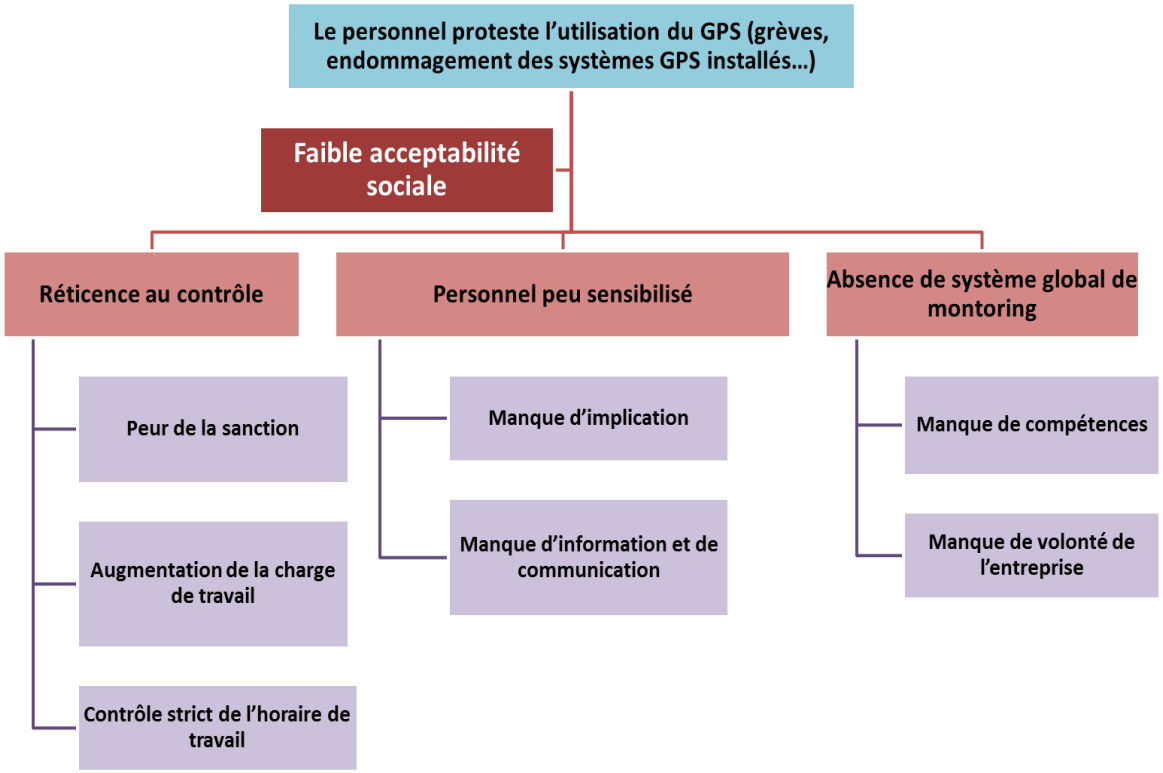


MESURES

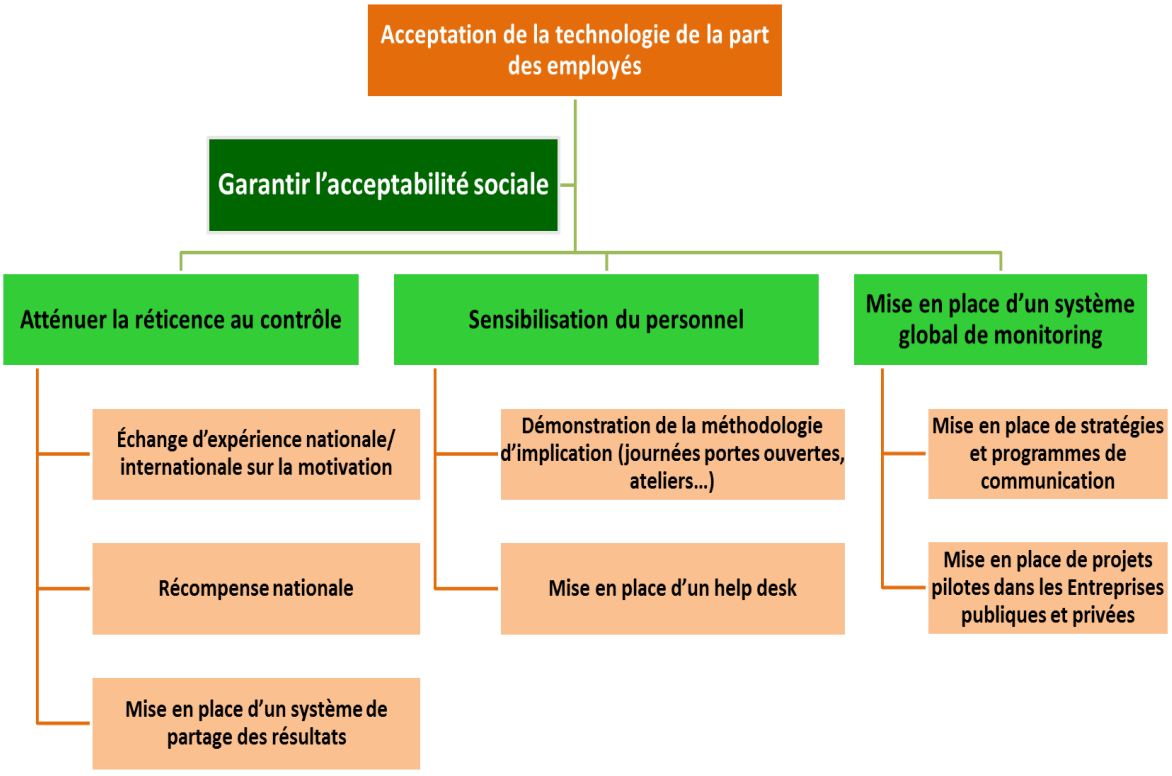


ANNEXE I-3 : Arbres à problèmes et mesures de la géolocalisation par GPS

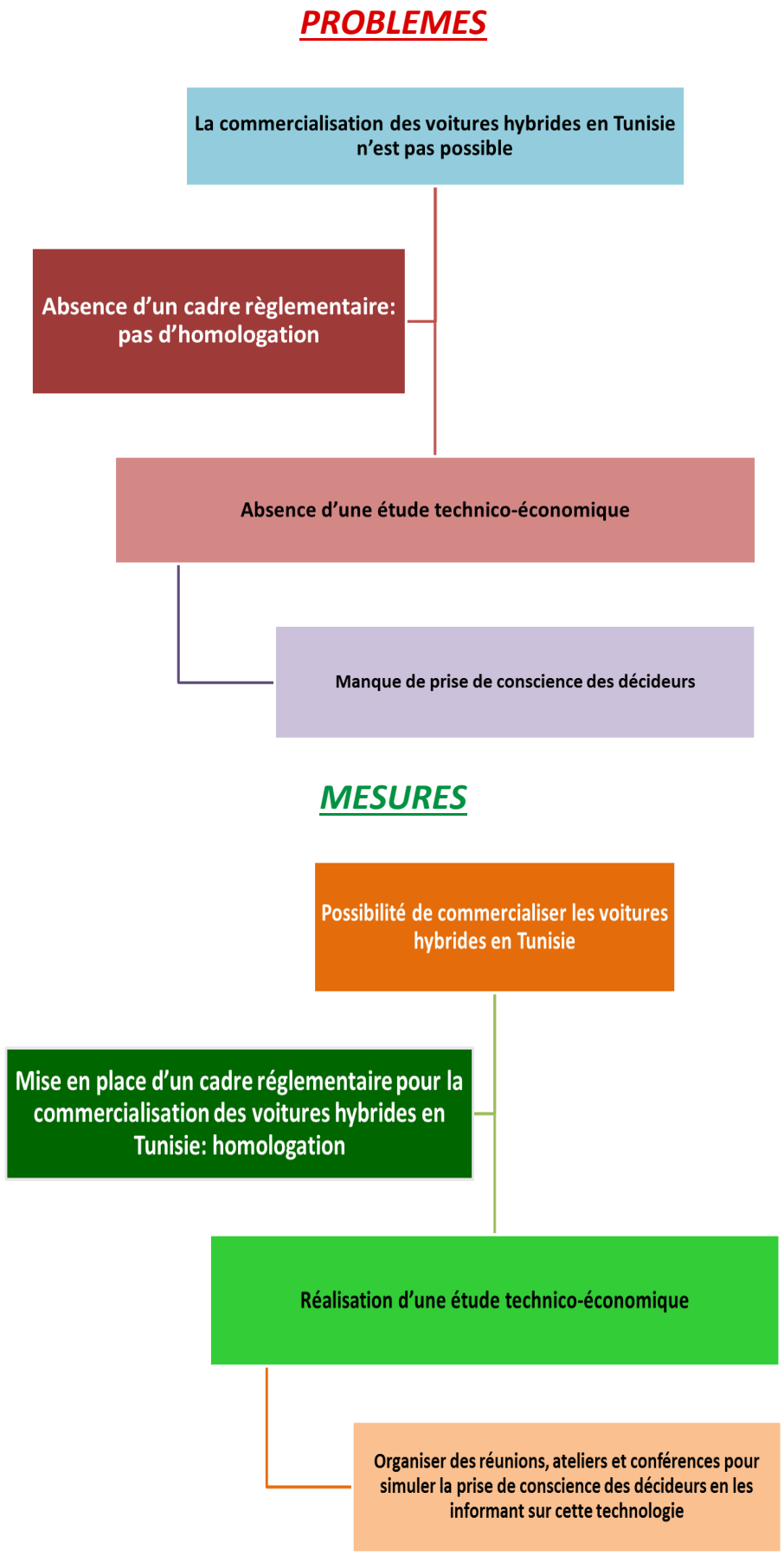
PROBLEMES



MESURES



ANNEXE I-4 : Arbres à problèmes et mesures des véhicules hybrides électriques



ANNEXE II : parties prenantes

Industrie	
Co-processing dans l'industrie du ciment	**Moteurs électriques à hauts rendements**
Ministères de : l'Industrie/ l'Energie/ l'Environnement / Finance / Santé / Agriculture / Equipement	Ministère de l'industrie
Groupement de Maintenance et de Gestion des zones industrielles (GMG)	Ministère du commerce
ANME / ANPE / Anged	ANME
Exploitants des décharges	Fournisseurs de moteurs
CITET	Importateurs de moteurs
Municipalités	CETIME
Cimenteries	Industriels/utilisateurs
Communautés locales et ONG	

Transport	
Géolocalisation par GPS	**Véhicules hybrides électriques**
Ministère du transport	Ministère du Transport
ANME	Ministère de l'Energie (ANME, STEG)
Fournisseurs d'équipements de gestion des flottes par géolocalisation	Ministère de l'Environnement (ANPE, CITET)
Fournisseurs internet	Ministère des Finances
Ministère de la technologie de l'information	Concessionnaires
Office de la Topographie et du Cadastre OTC	Vendeurs de pièces de rechanges
Centre National de la Cartographie et de la Télédétection CNCT	Garages de SAV

ANNEXE III : Groupe de travail atténuation

N°	Nom et prénom	Institution	Poste
1	Missaoui Rafik	Alcor	Expert atténuation
2	Toumi Marwa	Alcor	Ingénieur énergie et environnement
3	Machat Mohamed	ANGed	Ingénieur principal
4	Karoui Imen	ANPE	Chef de service
5	Ketata Mouna	APAL	Cadre Technique Principal
6	Ayari Raed	CITET	Chef de service Ingénieur en chef Direction de l'Assistance aux Entreprises
7	Hassine Naziha	CITET	Ingénieur en chef
8	Mensi Khitem	CITET	Technicien chef
9	Hmam Ahmed	INM	Ingénieur Général Sous-directeur des systèmes d'information et de communication
10	Mejai Youssef	MEDD	Chef de service
11	Gharbi Hajer	ONAS	Chef division Optimisation du procès au département Épuration
12	Zaabar Khaled	SONEDE	Chef de la Division Maîtrise d'énergie électrique
13	Hanafi Khouaja Nadia	STEG	Chef Service Suivi et Assistance en Environnement au sein du Département Environnement appartenant à la Direction Sécurité et Environnement
14	Charaabi Ines	Min de l'énergie et des mines/ DGE	Chef service